العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة السادسة عشر • العدد الثاني والستون • ربيع الآخر ١٤٢٣هـ / يونيو ٢٠٠٢م

الفيزياء الحيوية

(الجزء الأول)

الإتصال والتحكم بجسم الإنسان

المغناطيسية الحيوية

التأثيرات الحيوية للفضاء الخارجي

ISSN 1017 3056

العلوم والتقنية



بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

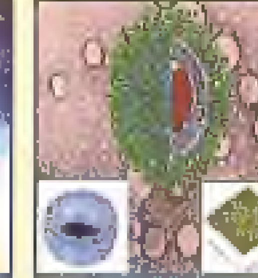
٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

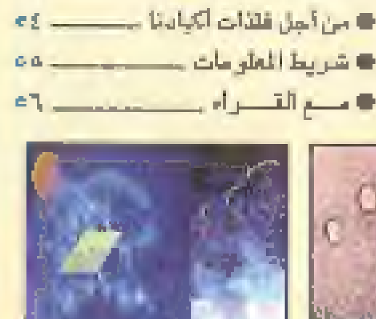
محتويات العدد



بيوفيزياء العظام



الليبوزومات



الأشعة فوق البنفسجية

المراسلات

رئيس التحرير

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

هاتف: ٤٨٨٣٤٤٤ - ٤٨٨٣٥٥٥ - ناسوخ (فاكس) ٤٨١٣٣١٣

البريد الإلكتروني : jscitech@kacst.edu.sa

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Aws. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia



كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تزداد كل يوم الاكتشافات داخل خلايا جسم الكائن الحي، ومع أن تلك الخلايا وحدات متناهية الصغر إلا أن كلا منها يشكل عالماً مستقلاً لا يحيط بأسرارها إلا خالقها العظيم، ولذا فإن سبر أغوارها واستكشاف مجاهلها وتحليل بنائها يعمق إيمان المسلم و يزيد من انبهاره بعظمة خالقه، فكلما زاد علم الإنسان ازداد خوفاً وخشية لله، وذلك مصداقاً لقول الحق تبارك وتعالى: ﴿إنَّمَا يَخْشَى اللهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ...﴾ [فاطر: ٢٨].

قراءنا الأعزاء

أودع الله في كل عضو حي من أعضاء جسم الإنسان والحيوان من الصفات والمزايا الفيزيائية ما يجعلها تتلاءم مع الوظائف التي تؤديها، فالعظام - مثلاً - تنسجم مع مهامها في دعم الجسم وحماية أعضائه، والمحافظة على شكله، وحتى أشكال العظام نفسها تتنوع وتتشكل لكي تلائم وظائف محددة.

ومع تنوع خلايا الكائن الحي في أشكالها ومحتوياتها إلا أنها تتكامل مع بعضها البعض لتؤدي وظائف مشتركة، يساعدها في ذلك قدرتها على التواصل فيما بينها من خلال الأغشية الحيوية التي تحيط بكل منها للمحافظة على محتوياتها بمعزل عن الخلايا الأخرى.

قراءنا الأعزاء

يعد علم الفيزياء الحيوية من العلوم الحديثة التي ظهرت وتطورت بسرعة مذهلة، وهو يختص بدراسة أثر الظواهر الخارجية، مثل الأشعة فوق البنفسجية، والمغناطيسية الحيوية والدائمة، والفضاء الخارجي وما يحتويه من إشعاعات مرئية وغير مرئية على التفاعلات الحيوية داخل خلية الكائن الحي.

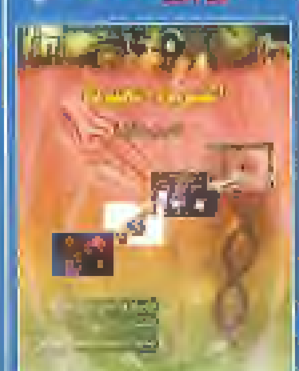
لذا يسعدنا أن نضع بين أيديكم الجزء الأول من موضوع الفيزياء الحيوية مشتملاً على المواضيع التالية: الفيزياء الحيوية، بيوفيزياء العظام، الليبوزومات، الأغشية الحيوية، الاتصال والتحكم داخل جسم الإنسان، الأشعة فوق البنفسجية، تأثيرات الفضاء الخارجي، المغناطيسية الحيوية، التأثيرات البيوفيزيائية للمجال المغناطيسي الدائم، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،

العلوم والتقنية



العلوم والتقنية



قسم الفيزياء

كلية العلوم - جامعة الملك سعود

يعود إنشاء قسم الفيزياء في كلية العلوم مع بدايات تأسيس جامعة الملك سعود بالرياض عام ١٣٧٨هـ، حيث يساهم هذا القسم في إعداد كوادر بشرية مؤهلة في مجال الفيزياء النظرية والتطبيقية وذلك من خلال برامج أكاديمية متخصصة بدءاً من الدراسة الجامعية الأولى (البكالوريوس)، وانتهاءً بالدراسات العليا (ماجستير - دكتوراه).

وقد لوحظ ارتفاع عدد الطلاب في الفترة الأخيرة لما للفيزياء من دور رائد في برامج التنمية والتقنية في بلادنا الحبيبة، ويوضح الشكل (١) التطور الملحوظ لعدد خريجي القسم خلال العقود الأخيرة.

يقدم القسم حوالي خمسين مقرراً دراسياً في مختلف مجالات الفيزياء للمرحلة الجامعية، إضافة إلى ما يزيد على عشرين مقرراً دراسياً في مرحلة الدراسات العليا (ماجستير - دكتوراه)، كما يقوم بإعداد وتدريس مقررات الفيزياء الموجهة لخدمة احتياجات الكليات الأخرى مثل كلية الطب، وطب الأسنان، والصيدلة، والعلوم الطبية، والزراعة، والهندسة، وعلوم الحاسب الآلي، وتهدف هذه المقررات إلى إعداد الطالب إعداداً منهجياً جيداً في العلوم الفيزيائية وما يليه في دراسته المتخصصة والعليا.

يتسارع دور الفيزيائي في عديد من دول العالم لما له من أهمية بالغة في تطور العلوم والتقنية، فقد كان للفيزيائيين في بعض الدول دور رائد في برامج التنمية الشاملة وعلى هذا فإن قسم الفيزياء يحاول بشكل دؤوب تطوير برامجه التعليمية ومختبراته من خلال مواكبة أحدث التجارب الإقليمية والعالمية حيث يتابع خطط التطوير المستمر لمقرراته التدريسية وتزويد المعامل بأحدث الأجهزة العلمية الدقيقة، لما لها من أثر بالغ في خدمة الدوائر والهيئات العلمية والبحثية المنتشرة في المملكة.

أهداف القسم

استناداً لما سبق فإن قسم الفيزياء يهدف بشكل رئيس إلى:

١- إعداد مدرسين وخريجين متخصصين في مجالات الفيزياء لخدمة الوزارات والهيئات الحكومية.

٢- إعداد الباحثين ومساعديهم في الفيزياء للعمل في المختبرات والمصانع الحكومية والأهلية.

أنشطة القسم

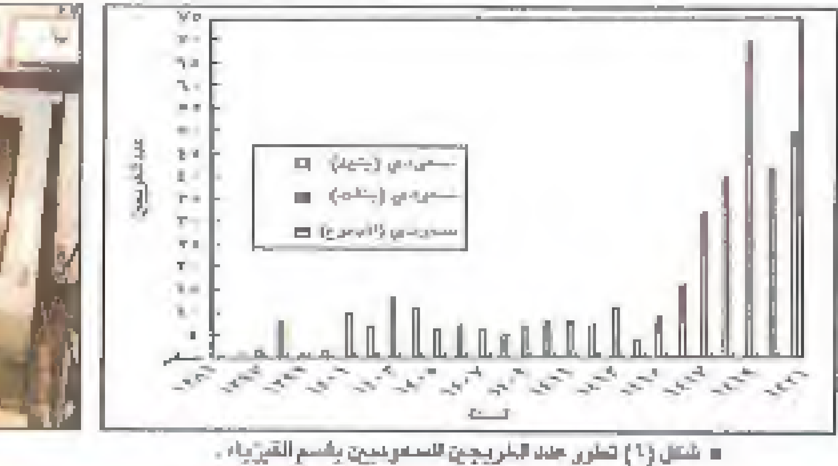
يقوم أعضاء هيئة التدريس في القسم بنشاط علمي واسع في مجالات عدة أهمها البحث العلمي، والتأليف والترجمة، وتطوير التعليم الفيزيائي بالحاسب الآلي. وقد صدرت عدة كتب تعليمية ومرجعية باللغة العربية كانت دعماً للمكتبة العربية، كما يهتم القسم باستكمال مقرراته وإعداد كتب تغطي بقية المناهج المختلفة في القسم، هذا ويضم القسم ما يقرب من أربعة وثلاثين عضو هيئة تدريس يساعدهم عدد من المعيدين والفنيين ومساعدي الباحثين موزعين على مجموعات بحثية مختلفة على النحو التالي:

● **مجموعة بحوث الفيزياء النظرية**

تتعلق الاهتمامات البحثية الرئيسة في مجموعة الفيزياء النظرية بفيزياء الجسيمات الأولية وعلم الكون وفيزياء الجوامد النظرية، وهناك تعاون بحثي جيد بين أعضاء المجموعة في هذه المجالات، وتقدم المجموعة برنامج الدراسات العليا على مستوى الماجستير والدكتوراه في الفيزياء النظرية، وللمجموعة اتصال بمراكز بحثية عديدة في العالم يمكنها من تبادل التقارير والبحوث العلمية.

● **مجموعة بحوث المواد**

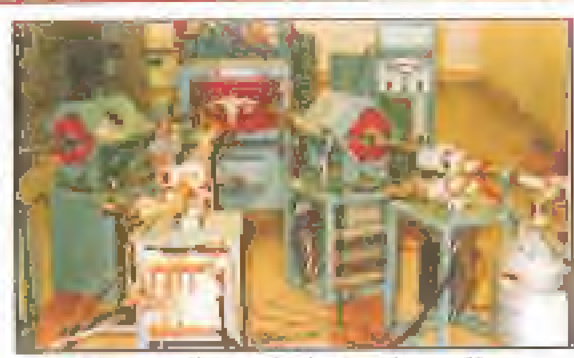
قدمت المجموعة منح درجة الماجستير لعدد من طلاب الدراسات العليا في مجال دراسة الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمواد الكهروحرارية والعوازل المختلفة، وتزخر المجموعة بعدد من الأجهزة العلمية مثل أجهزة الرنين البارامغناطيسي، وتنمية البلورات، وأجهزة القياس الانتشارية الحرارية، وجهاز قياس خواص المواد فائقة التوصيل، وغيرها



■ شكل (١) تطور عدد الخريجين السعوديين بقسم الفيزياء.



■ جانب من مختبر أبحاث دراسات المواد



■ جانب من مختبر المعجل النووي (الفان دي جراف).

● **مجموعة بحوث الفيزياء النووية**

تضم هذه المجموعة عدة مختبرات بحثية وتدريبية أهمها: مختبر معجل (فان دي جراف)، ومختبر القياسات الضوئية الحرارية، ومختبر قياس التلوث الإشعاعي للأغذية والمواد، ومختبر قياس الخلفية الإشعاعية والغبار الذري، ومختبر فيزياء النيوترونات، ومختبر أطياف أشعة جاما، ومختبر الجسيمات الثقيلة، ومختبر التدريب الخاص بأسس الوقاية من الإشعاعات الذرية. وتقوم المجموعة بتقديم الإستشارات العلمية والفنية للمؤسسات الحكومية والخاصة بتدريب منسوبيها في مختلف المجالات ذات العلاقة بإستخدام الإشعاعات الذرية والنووية والوقاية من أخطارها، حيث يتم سنوياً تقديم عدد من الدورات بالإشتراك مع مركز بحوث كلية العلوم ومركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر بالجامعة، ومن هذه النشرات العلمية في هذا المجال ما يلي:

– عمر الطيف الفيزيائي والبيولوجي الفعال للنظائر المشعة.
– أسس الوقاية من الإشعاعات الذرية والنووية.
– تصنيف النظائر المشعة تبعاً لخاصيتها الإشعاعية النسبية.
– الطرق الحسابية والبيانية للمراجز الواقية من الإشعاعات الذرية والنووية.
– الطرق العلمية لإزالة التلوث الإشعاعي للسطوح والأفراد وأجهزة المختبرات.

إضافة لذلك تقوم المجموعة بالعديد من النشاطات العلمية لخدمة المجتمع تتعلق باللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات بجامعة الملك سعود، حيث للمجموعة النووية دور كبير في تفعليها.

● **مجموعة بحوث الطاقة الشمسية:**

يمتد نشاط المجموعة البحثية ليشمل دراسة الخواص الأساسية للمواد المستعملة في صناعة الخلايا الشمسية، ومن ثم تركيب وتصنيع الخلايا الشمسية محلياً، ودراسة خواصها الكهربية والضوئية والتركيبية بناءاً على تغيير عدة عوامل مؤثرة على أدائها، وتقوم المجموعة أيضاً بدراسات تطبيقية كتأثير العوامل الجغرافية من حرارة ورياح وأمطار على أداء تلك الخلايا إضافة إلى دراسة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض. كما تساهم المجموعة من خلال تعاونها الدولي في تطوير المختبرات القائمة حالياً، وقد قامت مؤخراً من خلال برامج التعاون العلمي مع الجامعات الأجنبية بتطوير بحوث تقنية السيلكون وإعادة بلورته تحت درجات حرارة منخفضة نسبياً، وذلك لخفض تكلفة إنتاج السيلكون البلوري المستخدم في الصناعات الإلكترونية والميكروإلكترونية والكهروضوئية.

● **مجموعة الليزر والأطياف:**

تعد مجموعة الليزر والأطياف من المجموعات ذات الصبغة التطبيقية في علوم الفيزياء الحديثة، ويتضمن نشاط مجموعة الليزر في الدراسات الطيفية والظواهر غير الخطية للمواد، والتطبيقات الطبية ودراسة خواص ليزر أشباه الموصلات، وأستخدامات الليزر في التصوير (الهولوجرافي) والإتصالات، بالإضافة إلى تصميم أنواع معينة من الليزرات.

● **مجموعة بحوث الفيزياء الطبية والحيوية:**

تعد هذه المجموعة أحدث المجموعات البحثية الموجودة في القسم، وهي تهتم بالدراسات والبحوث التطبيقية العلمية لعلم الفيزياء، ومن أهم النشاطات البحثية للمجموعة توظيف قياسات الحث الكهرومغناطيسي للتمييز بين المواد وقياسات المكونات الأساسية التي تتركب منها الإشعاعات غير المؤينة على الكائنات الحية. ولأعضاء المجموعة مشروعات بحثية تطبيقية ونظرية، كما قامت المجموعة مؤخراً بالتنسيق لنشر بعض المعلومات عن أهمية الفيزياء الإشعاعية والحيوية وتطبيقاتها المختلفة في المملكة.

دور القسم في التنمية

يقوم الفيزيائيون في القسم بأدوار رائدة في التنمية، ولاسيما تلك المجالات المرتبطة بفروع الفيزياء المختلفة مثل:

– الفيزياء الطبية وتشمل العلاج الإشعاعي والأشعة السينية والرواسم الكهربائية والأجهزة فوق الصوتية، وأجهزة الرنين المغناطيسي والاستخدامات الطبية لأشعة الليزر وغيرها.
– الفيزياء الصناعية وتشمل إستخدامات الليزر، والإتصالات عبر الأقمار الصناعية، والفيزياء الفضائية.
– الفيزياء الهندسية وتشمل الدوائر الإلكترونية المتكاملة، ومجالات الطاقة المختلفة كالطاقة الشمسية والنووية والحرارية.
– فيزياء طبقات الأرض وتتضمن تطوير الطرق الفيزيائية لإكتشاف مصادر الثروة الطبيعية والإنذار المبكر لحدوث الزلازل والبراكين.

ومن المؤكد أن هناك فرصاً كثيرة لخريج قسم الفيزياء للعمل في العديد من القطاعات الحكومية مثل: وزارة الدفاع والطيران (المصانع الحربية)، قطاع التعليم، وزارة الصحة، وزارة الصناعة والكهرباء، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**. كما يعمل البعض في القطاع الخاص في مجالات عديدة ترتبط بالفيزياء مثل مراكز الأبحاث والتطوير في الشركات، إدارة شركات التقنية.

ولايزال العديد من الشباب يكتشفون أنهم يؤدون عملهم جيداً حتى في المجالات غير المرتبطة بالفيزياء، وذلك بسبب التفكير التحليلي والمنطق القوي الذي يكتسبونه من خلال معالجتهم للمشكلات العلمية في ميدان الفيزياء، والمجال مفتوح للتعاون مع أي جهة حكومية أو أهلية.

خدمة المجتمع

يقدم القسم بالتعاون مع عمادة مركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر دورات تدريبية متخصصة في عدة مجالات فيزيائية مثل: الالكترونيات، والوقاية من الإشعاعات، ودراسة الطيف. كما أن للقسم أنشطة إستشارية يقدمها لبعض الهيئات خارج الجامعة مثل **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية**، ومؤسسة المياه المالحة، ووزارة المعارف، وكلية التربية للبنات، ووزارة الدفاع، ومستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث، وغير ذلك من الهيئات العلمية المتخصصة.

الفيزياء الحيوية

د. محمد سليمان عائد العائد



ساهم التطور العلمي المطرد والمتسارع في العلوم الأساس وتداخل بعضها ببعض في ظهور علوم بينية جديدة تنطلق من مجال العلوم البحتة إلى آفاق العلم والتقنية الحديثة. ويعد علم الفيزياء الحيوية ضمن هذه العلوم، حيث يهدف إلى دراسة الظواهر الحيوية والأجسام الحية ومكوناتها وتأثرها بالمؤثرات الطبيعية، وذلك باستخدام نظريات وتقنيات الفيزياء.

بدأت نشأة علم الفيزياء الحيوية بعد الحرب العالمية الثانية بسبب تطبيقات الفيزياء النووية في الأنظمة البيولوجية التي شملت في الأساس دراسة تأثير الإشعاع المؤين على الكائنات الحية، ومن واقع هذه الدراسات والأبحاث دخل الفيزيائيون علوم الحياة، ومن ثم ظهر علم الفيزياء الحيوية الذي أصبح يرتبط ارتباطاً وثيقاً بفروع كثيرة من علوم الحياة، مثل: الكيمياء الحيوية، وعلم الوراثة، والبيولوجيا الجزيئية، والأحياء الدقيقة، ووظائف الأعضاء، وعلم الأعصاب، وعلم الأنسجة، وعلم الفيروسات، بجانب العلوم الأخرى، مثل: الكيمياء الفيزيائية، والرياضيات، والحاسبات، والمعلومات، والهندسة.

مجالات الفيزياء الحيوية

من أهم المجالات التي تهتم بها الفيزياء الحيوية دراسة وتحليل تركيب جزئيات النظم البيولوجية، وخير مثال لإنجازات هذا العلم نموذج الحامض النووي منقوص الأكسجين (Deoxyribonucleic acid- DNA) والذي يمثل المادة الوراثية في الخلية الحية. كان هذا النموذج وما يزال اللبنة الأساسية لعلوم البيولوجيا الجزيئية والوراثة، حيث تم ذلك عن طريق استخدام صور الأشعة السينية - أحد تقنيات الفيزياء - خلال بلورات المكونات الحية، مما جعل من الممكن معرفة تركيب العديد من الجزيئات الحيوية، ومن أشهر الأمثلة على ذلك تركيب الأحماض النووية وتركيب هيموجلوبين الدم وتركيب اليخضور (الكلوروفيل) وغيرها.

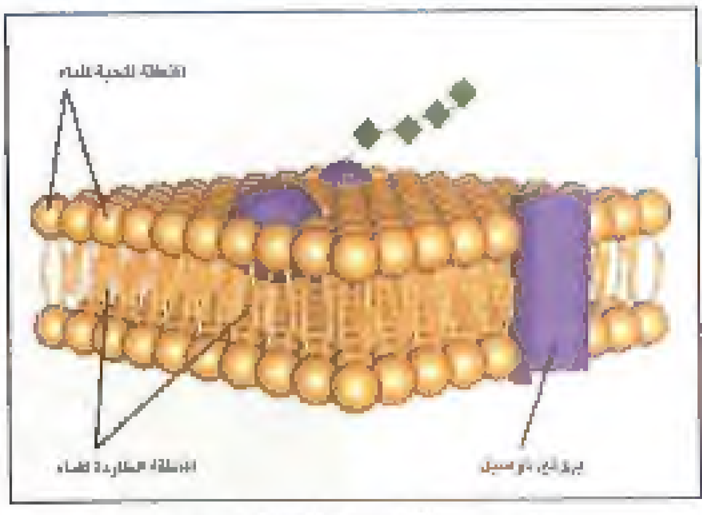
● دراسة الخلايا العصبية

تعد دراسة المعلومات التي تسري في الشبكة العصبية للكائن الحي عن طريق النبضات الكهربائية من أهم مجالات الفيزياء الحيوية، حيث تنتشر هذه المعلومات عن طريق وحدات متقطعة تسمى الجهد النشط، وتحدد بواسطة التردد والتشابك بين الخلايا العصبية.

ويرجع الفضل - بعد الله - في معرفة منشأ هذه النبضات وكيفية سريانها إلى العالم الفيزيائي الحيوي آلن هودجكن (Alan L. Hodgkin) والفيزيائي أندرو هكسلي (Andrew Huxley) عندما أجريا تجاربهما على الخلايا العصبية العملاقة للحبار (Squid)، حيث أمكنهما من إدخال العديد من الأقطاب داخلها - باستخدام التزاوج بين الكيمياء الكهربائية وعلم الإلكترونيات والنمذجة الرياضية - وبالتالي تمكنا من دراسة سبب ظهور الجهد النشط في الخلايا الحية المثارة، حيث اتضح لديهم أن هذا الجهد ناشيء عن تغير نفاذية غشاء الخلية لكل من



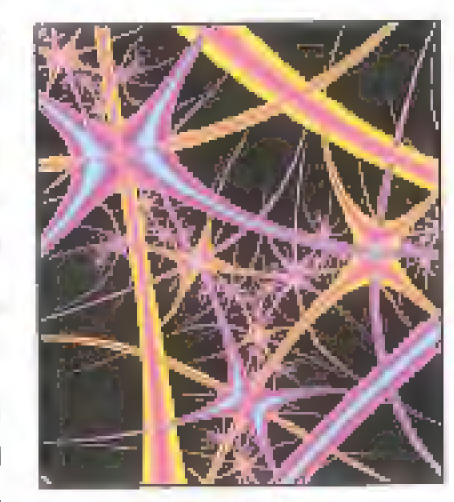
● المخ يقوم بالإتصال والتحكم في جميع أجزاء الجسم.



● دراسة غشاء الخلية أول اهتمامات الفيزياء الحيوية.

أيونات الصوديوم والبوتاسيوم، وقد استحق هذين العالمين بهذا الإكتشاف جائزة نوبل.

أدى هذا الإكتشاف إلى فتح الباب على مصراعيه لدراسة المعلوماتية الحيويا (Bioinformatics) وكيفية قيام المخ بالإتصال والتحكم في جميع أجزاء الجسم وكيف يقوم ـ بما فيه من عدد هائل من الخلايا العصبية ـ بوظائفه المختلفة خاصة في عملية التفكير والتعلم، وقد تمت الإستفادة من هذه الدراسات ـ خاصة في مجال الحاسبات ـ في مواضيع الذكاء الإصطناعية (Artificial Intelligence) ـ بالإضافة إلى ذلك تم استخدام هذه الإشارات الكهربائية الخارجة عن الاعضاء المختلفة من الجسم في التشخيص، ومثالا لذلك الرسم الكهربي للمخ والقلب والعضلات والشبكية وغيرها. وتجرى الأبحاث الآن لإستخدام هذه الإشارات لتشغيل أجهزة تعويضية لأجزاء الجسم خاصة الأعضاء الطرفية.



● خلايا عصبية

● دراسة غشاء الخلية

إمتدادا لهذا المجال فإن الفيزياء الحيوية تهتم بغشاء الخلية بهدف الكشف عن أسراره من الناحية التركيبية والوظيفية، إذ أن هذا الغشاء يعد البوابة الرئيسية التي تتحكم في أحوال الخلية ووظائفها، وعن طريقه تتصل بالخلايا الأخرى، فإذا أمكن السيطرة على هذا الغشاء فإنه يمكن السيطرة على الخلية والحيلولة دون تحولها من خلية طبيعية إلى أخرى سرطانية، وسوف يقود الإكتشاف ـ بإذن الله ـ إلى كشف أسرار عديدة عن الأمراض غير المفهومة مثل مرض الزهايمر الذي يصيب الخلايا العصبية ويؤدي إلى تلفها.

● تأثيرات الإشعاع

تهتم الفيزياء الحيوية بالإشعاع المؤين وغير المؤين وتأثيراته المختلفة على الكائنات الحية، وأيضا استخداماته في مجالات شتى مثل علاج وتشخيص الامراض.

● الدراسات البيئية

من مجالات الفيزياء الحيوية مجال يهتم بالدراسات البيئية، وذلك بإستخدام تقنيات الفيزياء في تحديد الملوثات المختلفة ـ خاصة الإشعاعية ـ في مكونات البيئة الرئيسية من تربة وهواء وماء، والمواد والاجسام الحيوية. ويهتم هذا المجال أيضا بدراسة تأثير الإشعاع الشمسي بمكوناته المختلفة (الاشعة تحت الحمراء والضوء المرئي والاشعة فوق البنفسجية) على الكائنات والنباتات الحية.

● تشخيص الأمراض وعلاجها

تهتم الفيزياء الحيوية أيضا بالتقنيات الخاصة بإستخدام الأشعة



• بعض أجهزة تشخيص الأمراض.

الكهرومغناطيسية والموجات فوق الصوتية في التصوير بغرض تشخيص الأمراض، كما تهتم أيضاً بالتصوير باستخدام الرنين المغناطيسي (MRI) ـ أحدث تقنيات العصر ـ في التصوير الطبي.

الاتحاد الدولي للفيزياء الحيوية

علم الفيزياء الحيوية مثل العلوم الأخرى له إتحاد دولي ممثل فيه عدد قليل من دول العالم، منها المملكة العربية السعودية ومصر من المنطقة العربية، ويسمى الاتحاد الدولي للفيزياء الحيوية البحتة والتطبيقية.

ونظراً لتشابك علوم الفيزياء الحيوية مع العلوم الأخرى، وخاصة البينية منها، مثل: الكيمياء الحيوية، والبيولوجيا الجزئية، والهندسة الحيوية، وما إلى ذلك، فقد قرر الإتحاد الدولي إعداد مجموعة عمل (Task Force) لكل فرع، يشترك فيها بعض من إتحادات العلوم البينية الأخرى، وهي مجموعة عمل المعلوماتية الحيوية (Bioinfor matic) أحد هذه المجموعات، ويشترك فيها الاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزئية بجانب الاتحاد الدولي لعلم البلورات.

كذلك توجد مجموعة عمل في الهندسة الحيوية (Biomedical Engineering) ومجموعة عمل أخرى في مجال الرنين المغناطيسي (NMR)، بالإضافة إلى مجموعة عمل الفيزياء الحيوية.

الفيزياء الحيوية الطبية

أصبحت الفيزياء الحيوية ـ الآن ـ من العلوم المهمة التي تُدرس في كليات الطب تحت مسمى الفيزياء الحيوية الطبية أو الفيزياء الطبية (Medical Biophysics)، وتهتم بالأساس النظري والعملي لتقنيات الفيزياء الحيوية المستخدمة في الطب في مجال تشخيص وعلاج الأمراض، وذلك باستخدام جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية المؤينة وغير المؤينة بالإضافة إلى تطبيقات الموجات فوق الصوتية. وتشمل دراسة الفيزياء الحيوية الطبية ما يلي:ـ

١ ـ استخدامات الرنين المغناطيسي.

٢ ـ تقنيات الليزر في التشخيص خاصة في الأجهزة البصرية والمناظير الطبية للرصد والعلاج وخاصة في الجراحة لجميع أعضاء الجسم.

٣ ـ الطب النووي وتطبيقاته في التشخيص والعلاج واستخدام النظائر المشعة في التشخيص والعلاج.



• صورة بالأشعة للصدر.



• استخدام الليزر في علاج البصر

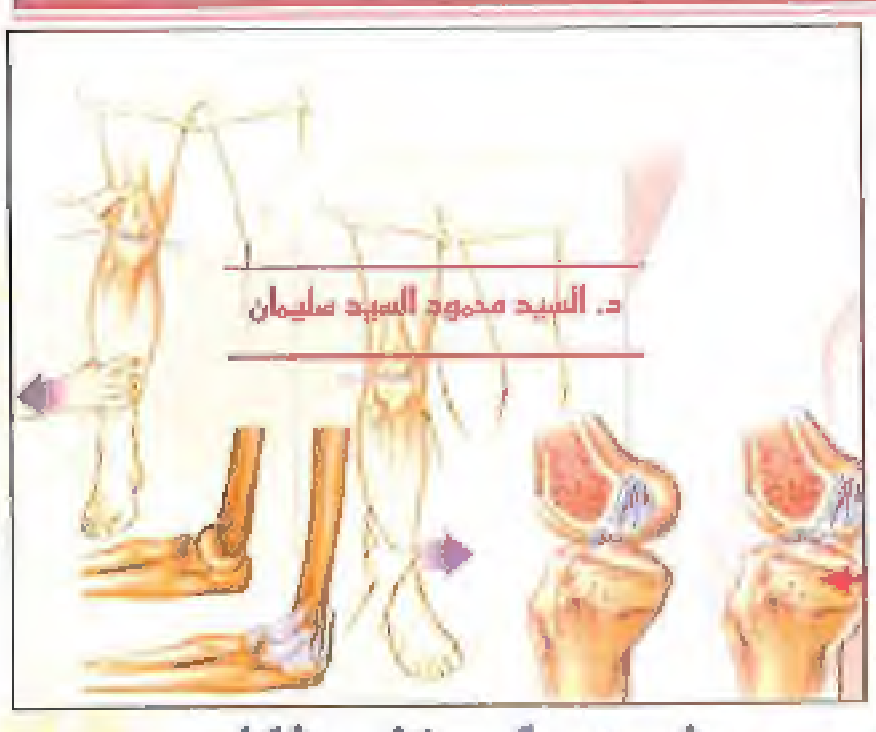
٤ ـ استخدام التحليل الطيفي في التحاليل الطبية.

٥ ـ دراسة الكهرباء داخل جسم الإنسان وتسجيل النشاط الكهربائي من الأعضاء المختلفة للجسم واستخدامها في التشخيص واستخدام الكهرباء في العلاج.

٦ ـ دراسة الطاقة الحيوية والتنفس وتأثير المؤثرات الطبيعية مثل الحرارة والضغط والرطوبة والإشعاع الشمسي على الجسم الحي.

تخصصات الفيزياء الحيوية

تؤهل دراسة الفيزياء الحيوية متخصصين في مجال الانسان الآلي (Robotics) والتصوير التشخيصي باستخدام جميع أنواع الأشعة، والموجات فوق الصوتية، والرنين المغناطيسي، وحركة المفاصل والنمذجة في الخلايا، والطاقة الحركية (Biokinetic)، والموصلات، والحسية الكيميائية (Chemosensory)، والتجمعات الخلوية، والتئام الجروح، وتحليل الأحمال على الإنسان، وتطبيق نظرية الإتصال في تحليل النماذج الحيوية المختلفة بهدف إنتاج وتطوير أجهزة تعويضية، والمعلوماتية الحيوية، ودراسة تركيب الجزئيات الحيوية، والنمذجة الرياضية والحسابية باستخدام الحاسب



د. السيد محمود السيد سليمان

بيوفيزياء العظام ..
التركيب والتشخيص

العظام هي أنسجة حية تتكون من خلايا عظمية (Osteocytes) تكوّن ٢٪ من حجم العظام وتنمو بواسطة الغذاء الذي يأتيها عن طريق الدم إلى أن تصل إلى الطول والشكل المطلوب. ولاتتوقف عملية بناء العظام (Osteoclast) في الكائن خلال فترة حياته، إذ توجد عملية أخرى هي عملية هدم خلايا العظام الهرمة بغرض تجديد حيويتها والحفاظ على خواصها الفيزيائية. فخلال فترة الطفولة والمراهقة فإن عملية بناء العظام تكون أسرع من عملية الهدم إلى أن تصل العظام إلى خواصها العظمية من حيث الطول والصلابة. وهذا يحدث عندما يصل عمر الإنسان الثلاثين عاماً. بعد هذه السن تبدأ عملية الهدم في الزيادة عن عملية البناء، والتي بدورها تؤدي إلى هشاشة العظام، ومن ثم يسهل تعرضها إلى الكسر وخاصة عند كبار السن.

الجدير بالذكر أن عملية الهدم في العظام عند النساء اللاتي جاوزن سن اليأس (انقطاع الدورة الشهرية) تكون أكبر من الرجال، ولذا فإنهن معرضات لمرض هشاشة العظام (Osteoporosis).

مكونات العظام

تتكون العظام بجانب الماء من نوعين مختلفين من المواد أحدهما عضوي وهو الكولاجين (Collagen)–وهو ليس من نوع كولاجين الجلد– ويكون ٤٠٪ من كتلة العظام و ٦٠٪ من حجمه، والآخر غير عضوي وهو معدن العظام (Bone mineral) ويكون ٦٠٪ من كتلة العظام و ٤٠٪ من حجمه، ومعدن العظام عبارة عن بلورات هيدروكسي أباتيت الكالسيوم $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$، وهذا المعدن مشابه لذلك الموجود في الطبيعة والمسمى بأباتيت الفلور (Fluorapatite) الذي يختلف عن معدن العظام في أن الفلور (F) يحل محل الهيدروكسيد (OH)، ولذا فإنه أكثر ثباتاً من معدن العظام، وعليه فإن وجود الفلور بنسبة ضئيلة في الماء مهم جداً ليعطي الأسنان الصلابة، وذلك عن طريق ملء الفجوات الميكروسكوبية بها عن طريق اتحاده مع معدن العظام، ولهذا يستخدم الفلور المشع (^{18}F) في الكشف عن الفجوات الموجودة في العظام التي لاتظهر باستخدام الأشعة السينية.

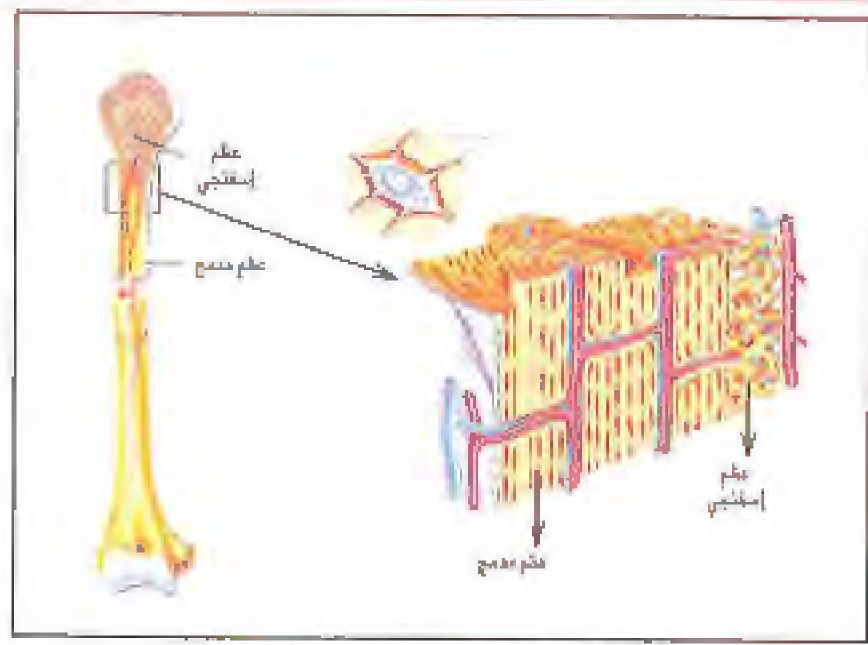
أظهرت الصور باستخدام حيود الأشعة السينية أن معدن العظام يتكون من بلورات كلسية على شكل قضبان (rods) ذات قطر يتراوح مابين ٢ إلى ٧ نانومترات، وطول من ٥ إلى ١٠ نانومترات، ويوجد حول كل بلورة طبقة من الماء تحتوي على محلول مكون من عدد من المواد الكيميائية التي تحتاجها.

ونظراً لقصر أبعاد بلورات معدن العظم فإن المساحة الكلية لها تكون كبيرة، مما يسهل عملية التغذية، إضافة إلى إعطاء العظم - بصفة عامة- الصلابة المطلوبة لتحمل أقصى درجات الإجهاد.

الجدير بالذكر أن الإنسان تعلم من هذا التركيب الدقيق لمعدن العظام الذي تتجلى فيه عظمة الخالق ﴿وفي الأرض آيات للموقنين. وفي أنفسكم أفلا تبصرون﴾ (الذاريات آية ٢٠–٢١). فاعتمد على هذا التركيب الفريد في إنتاج مواد على هيئة بلورات متناهية الصغر–حدود النانومتر– تنتج بعد تجميعها مادة خالية من التركيبات الغريبة كالشقوق الميكروسكوبية وغيرها، وهذا يعطيها الصلابة المطلوبة لتحمل الخدمة الشاقة.

خواص العظام

يتكون الهيكل العظمي للإنسان من ٢٠٦ عظمة تكوّن معاً نظاماً ثابتاً تتعلق به الأنسجة الرخوة وأعضاء الجسم



● شكل (١) العظم المدمج والعظم الإسفنجي.

المختلفة. ولهذا فإن حركة الجسم تقوم على التفاعل بين العضلات والهيكل العظمي، أي أنهما يمثلان نظام عضلي ـ هيكلي (Muscula-Skeletal System). حيث تتصل العضلات بالعظام عن طريق الأوتار (Tendons)، في حين تتصل العظيمات ببعضها البعض عن طريق الأربطة (Ligaments)، وعندها يسمى هذا الاتصال وصلة (Joint).

وتوجد العظام على شكل نسيج، شكل (١)، وفي صورتين ـ يكونان معاً في أغلب الأحيان ـ هما ـ

ـ مدمج (Compact) صلب كثيف ويكون الجزء الظاهري الصلب

ـ إسفنجي (Spongy)، ويكون داخل الجزء الصلب.

وبالرغم من أن الهيكل العظمي يتكون من هذا العدد من العظيمات فإنه يمكن تحديد أشكالها، كما في شكل (٢)، في خمس مجموعات هي:

ـ **المجموعة الأولى**: عظام على هيئة لوح (Plate-Like) مثل عظام الكتف وبعض عظيمات الجمجمة.

ـ **المجموعة الثانية**: عظام طويلة مجوفة (Long hollow) مثل عظام اليد والأرجل والأصابع.

ـ **المجموعة الثالثة**: عظام إسطوانية (Cylindrical) مثل عظام العمود الفقري (Spin Vertebrae).

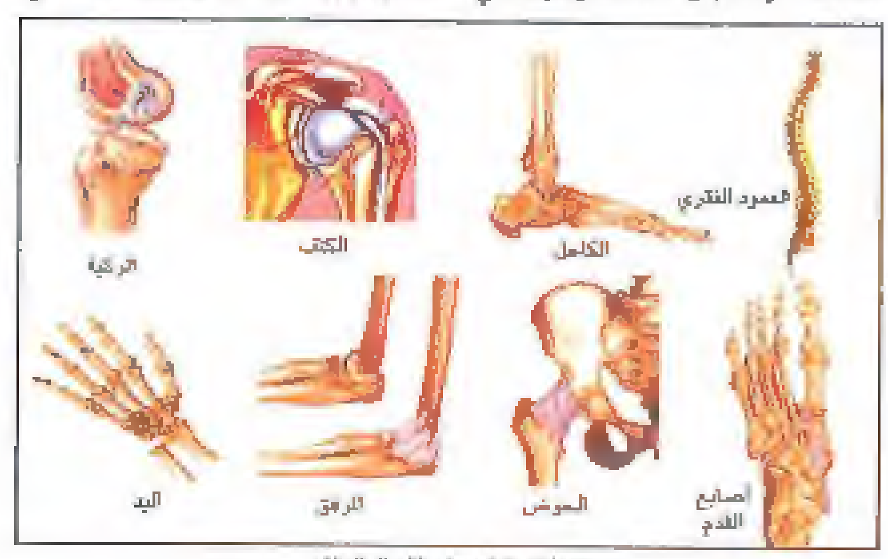
ـ **المجموعة الرابعة**: عظام غير منتظمة الشكل (Irregular) مثل عظام الرسغ ورسغي ـ كلطي ـ القدم (Ankles).

ـ **المجموعة الخامسة**: عظام الريش (Ribs).

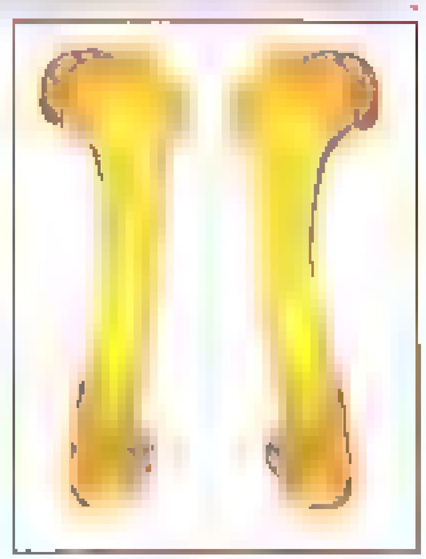
تمثل العظام نظاماً هندسياً بديعاً يحقق أقصى درجات الصلابة مع قليل من المرونة بأقل كمية من المواد. ويمكن التحقق من هذه الحقيقة بدراسة الشكل الهندسي لعظمة الفخذ (Femur bone) المبينة بشكل (٣)، فنجد أن سطحها العلوي والسفلي أكبر بكثير من سمكها، وهذا يشابه إلى حد كبير قضيب السكة الحديد الذي يتخذ نفس الشكل، وذلك لأن الإجهاد الناشيء عن وزن القطار يكون على السطح العلوي والسفلي فقط. ولهذا فإن إتخاذ عظمة الفخذ هذا التركيب وهذا النظام الهندسي البديع من شأنه أن تكون خفيفة مع تحملها لأقصى درجات الإجهاد. ليس هذا فقط ولكن لعظمة الفخذ شكل دائري بعض الشيء، بالإضافة إلى أن قطرها عند المنتصف أكبر منه عند الرأسين لتتحمل الإجهاد الذي يصل إلى نهايته العظمى عند المنتصف. ويمكن ملاحظة ذلك إذا أحضرت أنبوبة بلاستيكية دائرية مجوفة مثل التي تستخدم في شرب المياه الغازية، فعند الضغط عليها من أعلى فإنها ستنبعج من المنتصف.

وتتميز العظام بوجود حواجز إما على سطحها أو داخلها كما هو واضح في رأس وعنق عظمة الفخذ، والغرض من هذه الحواجز هي زيادة مساحة السطح حتى تتحمل أقصى درجات الإجهاد بالنسبة للإنضغاط (Compression) أو للشد (Tension) حسب ترتيبها في الإتجاهين كما هو موضح بشكل (٤).

بجانب هذه الخواص الفريدة للعظام فإنها مادة صلبة لها صلابة الجرانيت في تحمل الإجهاد، وتفوقه بمقدار ٢٥ مرة في



● شكل (٢) بعض أشكال العظام.



● شكل (٣) شكل عظمة الفخذ (Femur) وفيها تتجلى عظمة الخالق في قمة التصميم الهندسي

حالة الشد لا تتغير كثافة العظام المتماسك (Compact bone) تساوي ١,٩ جرام/سم³ بالزمن ولكن الذي يتغير هو كتلة معدن العظم "Bone mineral Mass" (BM) والذي يؤدي إلى انخفاض سماكته، وبالتالي تجعله أكثر سهولة للكسر.

ويبين جدول (١) مقارنة بين الخواص الميكانيكية للعظام والمواد الأخرى المستخدمة في الحياة، ومنه يتضح أن العظام المتماسكة تتحمل كل من الإجهاد الإنضغاطي والشدي، مما يعطيه بعض مرونة. ويؤدي هذا بالطبع إلى الإجابة على السؤال التالي: لماذا يتغير عود الإنسان تغير طفيف بناءً على وضعه؟ حيث يكون طوله وهو واقف أقل بعدة سنتيمترات بالمقارنة مع طوله وهو مستلقي على ظهره.

يتضح من الجدول (١) أن للبوليسترين (الخرف) خواص جيدة لذلك يستخدم في عمل الأسنان الصناعية. كما توجد الآن مواد تستخدم في ترقيع أو ملء الفجوات الموجودة بالعظام. فمثلاً تستخدم كبريتات الكالسيوم لهذا الغرض منذ مئات السنين ومنذ ذلك الوقت تجرى الأبحاث على هذه المادة أدت إلى تحسين خواصها بإستخدامها على هيئة حبيبات دقيقة. مثل معدن العظام وخالية من التلوث حتى يسهل امتصاصها بواسطة العظام. ومن أمثلة تلك مادة (Osteoset R) التي تضاف إليها مادة أخرى غير معدنية تحمل إسم (Allmatrix TM) وتكون على هيئة معجون. توجد مادة حديثة تستخدم منذ عام ١٩٩٩م وتحاكي العظم بتركيبته العضوية وغير العضوية، تحمل اسم (Pepgen P-15 TM) تمتص بواسطة العظام وتقوم بتحفيز خلاياه لإنتاج مزيد من الخلايا، وبالتالي ارجاعه إلى حالته الطبيعية.

أمراض العظام وتشخيصها

تتعرض العظام كأي نسيج حي من أنسجة وأعضاء الجسم للإصابة بالأمراض. ومن أهم الأمراض التي تصيب العظام مرضان، يتعلق الأول بخلل في تكوين العظام منذ النشأة الأولى ويسمى قصور في تكوين العظام (Osteogenesis Imperfecta-OI) أما المرض الآخر فيتعلق بالعمر الشائع الآن خاصة بين النساء، وهو هشاشة العظام (Osteoporosis).

● مرض قصور العظام

ينتج مرض (OI) نتيجة خلل في المورثات ويؤدي المرض إلى سهولة كسر العظام عند تعرضها إلى صدمات بسيطة أو بدون سبب، ويؤدي هذا الخلل الوراثي إلى إنتاج كميات قليلة من الكولاجين أو كولاجين ذا خواص رديئة، يجعل نمو العظام ضعيفاً، وحيث أن الكولاجين هو

[illegible]	إجهاد الإنهيار [illegible]	[illegible]	[illegible]
الصلب القاسي	٥٥٢	٨٢٢	٢٠٧
المطاط		٢	١
الجرانيت	١٥	٨٠	٥٢
الخرسانة	٣	٢	٦٥
شعر الخيوط	٥٩	٧	
[illegible]	٥٥٢	٥٥	
العظم المتماسك	٧	١٢	١٧٩
العظم الإسفنجي	٢٢	—	٧٦

● جدول (١) الخواص الميكانيكية للعظام وبعض المواد الأخرى.



● شكل (٤أ) رأس ورقبة عظمة الفخذ



● شكل (٤ب) الشكل المجهري لخطوط الضغط والشد والتي عن طريقها يتوزع وزن الجسم.

الأساس الأساسي الذي تتصور عليه الخلايا العظمية فإن العظام المتكونة تكون ضعيفة وسهلة الكسر.

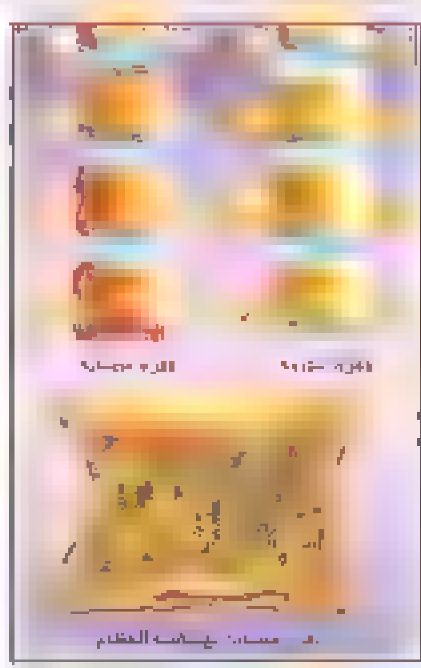
وينقسم هذا المرض حسب شدته إلى عدة أنواع. أشدها النوع الذي يؤدي إلى فقد الأسنان وفقد السمع بسبب كسور عظيمات الأذن الوسطى.

ولا يوجد شفاء كامل من مرض (OI)، ويكون دور العلاج في إيجاد وقف ومراقبة الأعراض، وذلك بزيادة فاعلية الحركة وتطوير أقصى كمية من كتلة العظام وقوة العضلات والعناية بالكسور وزيادة جرعات العلاج الطبيعي.

وينصح الأطفال والبالغين المصابين بهذا المرض بالعناية بالتمرينات الرياضية تحت إشراف أخصائي، وذلك لزيادة قوة العضلات والعظام. كما أن السباحة والعلاج الطبيعي بالسباحة مفيدان جداً لأنه يساعد على الحركة بدون مخاطر نسبية. وينصح أيضا بالاهتمام بالغذاء الصحي بناء على نظام غذائي جيد وعدم زيادة الوزن مع الامتناع عن التدخين وشرب الخمر وعدم أخذ أدوية تحتوي على الإستيرويدات مثل الكورتيزون.

● مرض هشاشة العظام

هشاشة العظام (Osteoporosis) أو العظام المسامية هو مرض يتصف بنقص



■ شكل (٥) فقرة سليمة وفقرة مصابة بهشاشة العظام

في كمية العظم Bone Mass وتلف في بنائه. ويوضح شكل (٥) الفرق بين فقرة عظمية سليمة وأخرى مصابة. وبالطبع يؤدي هذا المرض إلى ضعف العظام، ومن ثم تؤدي إلى الكسر خاصة في عظم الحوض (الورك) (Hip) والعمود الفقري والمعصم. ويعاني من هذا المرض كل من الرجال والنساء وإن كان وجوده في النساء أكثر.

يعد مرض هشاشة العظام من أكثر الأخطار التي تواجه ٢٨ مليون أمريكي ٨٠٪ منهم من النساء، كما أنه مسؤول عن ١.٥ مليون كسر سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية، منهم ٣٠٠ ألف كسر في الحوض، ٧٠٠ ألف كسر في الفقرات، ٢٥٠ ألف في الرسغ، و٣٠٠ ألف في أماكن أخرى.

وتوجد عدة عوامل مرتبطة بحدوث أو تساعد في ظهور مرض هشاشة العظام تسمى بعوامل المخاطرة (Risk Factors)، يمكن تقسيمها إلى القسمين الآتيين:

● عوامل لا يمكن تجنبها، ومنها:

١- النساء أكثر عرضة للإصابة لأن كثافة العظام عندهن أقل، كما أن نسبة فقد العظام وخاصة بعد سن اليأس تكون سريعة بسبب نقص هرمون الإستروجين.

٢- كلما تقدم الإنسان في العمر ازداد عامل الخطورة بالإصابة، وذلك لأن كمية العظام تكون أقل ومن ثم أضعف.

٣- يكون للمرأة النحيفة عامل مخاطرة كبير.

٤- الجنس العرقي له تأثير، فمثلاً تكون للمرأة القوقازية والآسيوية عامل مخاطرة أكبر من الأجناس الأخرى الأفريقية واللاتينية.

● عوامل يمكن تجنبها، ومنها:

١- النقص غير الطبيعي في الهرمون الجنسي (Sex hormone)، أي نقص هرمون الإستروجين عند النساء خاصة عند سن اليأس، وأيضاً نقص مستوى هرمون الذكورة التستيرون عند الرجال.

٢- فقد الشهية وتجنب الطعام على نسبة ضئيلة من عنصر الكالسيوم وفيتامين د.

٣- استخدام بعض الأدوية مثل أدوية الكورتيزون، وأدوية مقاومة نوبات الصرع، وزيادة استخدام أدوية تحتوي في تركيبها الألومنيوم، وبعض أدوية علاج السرطان، وزيادة هرمون الغدة الدرقية (Thyroid hormone).

٤- الحياة الخاملة وعدم ممارسة الرياضة وكثرة عدد ساعات النوم عن المعتاد.

٥- التدخين وشرب المواد الكحولية.

مكافحة مرض العظام

مما سبق ذكره تتضح أهمية احتواء الطعام على عنصر الكالسيوم وفيتامين (د). ويوضح جدول (٢) كمية الكالسيوم الضرورية للإنسان خلال فترة حياته والتي أوصى بها المعهد القومي الأمريكي للصحة عام ١٩٩٤م. ويجب الإشارة إلى أن وجود فيتامين (د) ضروري لكي يقوم الأمعاء بامتصاص الكالسيوم. وبما أن هذا الفيتامين يتكون في الجلد نتيجة التعرض لأشعة الشمس، فإنه من الضروري على المسنين والرجال الذين لا يتعرضون لأشعة الشمس نتيجة مكوثهم في منازلهم مدة طويلة أو خلال فترة الشتاء أن يتناولوا هذا الفيتامين بواقع [illegible] إلى ٨٠٠ وحدة دولية (IU) في اليوم، كما نجد الإشارة إلى أن الإفراط في تناول هذا الفيتامين غير مستحب.

ويطلق على مرض هشاشة العظام أحياناً اسم المرض الصامت (Silent Disease) لأن فقد كمية من معدن العظام يحدث بدون أعراض ولا يشعر به الإنسان إلا عندما يحدث له كسر مفاجئ نتيجة صدمة صغيرة مفاجئة، أو يقع على الأرض أو التواء بسيط في الرسغ. هذا بالإضافة إلى أن كسر فقرات العمود الفقري تصاحبه آلام مبرحة في الظهر والعمود الفقري، وبالتالي يؤدي إلى انخفاض في قامة الإنسان المصاب عند ظهور هذه الأعراض، عليه يجب عمل مسح بكثافة العظام والذي يقاس فيه كثافة معدن العظم (Bone Mineral Density- BMD) والذي يرتبط بكمية العظم (Bone Mass)، وحتى لا يفاجأ الإنسان بهذا المرض الصامت فإنه يجب على الذين لهم تاريخ مع المرض من كلا الجنسين أن يقوموا بعمل قياس نسبة (BMD) وذلك كما يلي:

- بالنسبة للنساء بعد سن اليأس وعندهن عرض أو أكثر من الأعراض الآتية:
- تاريخ مرضي في العائلة لمرض هشاشة العظام بعد سن ٦٥.
- نقص في الطول أكثر من بوصة.
- نقص في كتلة العظام (Osteopenia) كما توضحه الأشعة.

العمر	كمية الكالسيوم مليجرام / يوم
٦ أشهر	[illegible]
٦ - سنة	[illegible]
[illegible] سنة	٨٠٠ - ١٢٠٠
٢٤ - [illegible]	١٢٠٠ - [illegible]
٢٥ - [illegible] رجال ونساء	[illegible]
[illegible] ERT [illegible]	[illegible]
[illegible] ERT [illegible]	[illegible]
٦٥ فأكثر	[illegible]
النساء الحوامل والمرضعات	١٢٠٠ - [illegible]

● جدول (٢) كمية الكالسيوم الضرورية للإنسان حسب العمر والجنس



• شكل (٦) قياس كثافة العظام بجهاز (DEXA)

- الإفراط في شرب الخمر

٢- بالنسبة للنساء الشابات اللاتي يعانين عرض أو أكثر من الأعراض الآتية:

مشاكل في المبايض أو إزالتها.

عدم انتظام دورة الحيض (الزيادة و النقصان)

نقص في مادة العظم

كسر العظام عند أقل إجهاد

٣- بالنسبة للرجال الذين عندهم عرض او أكثر من الأعراض الآتية

قلة إفراز الهرمون الذكري (Testosterone)

- قلة كمية العظام (Osteoporosis)

كسر العظم عند الإجهادات البسيطة

- الإفراط في التدخين وشرب الخمر

٤- أسباب إضافية مثل

قلة الكالسيوم في العظام

نقص في فيتامين (د)

- الالتهابات الروماتيزمية

أدوية الكورتيزون

أمراض الكلى مزمنة

زيادة إفراز الغدد الدرقية

ويمكن قياس كثافة العظام باستخدام عدد من الأجهزة مثل الأشعة السينية المقطعية (CAT) والأشعة السينية العادية واستخدام الموجات فوق الصوتية أو استخدام امتصاص أشعة سينية مزدوجة الطاقة (Dual Energy X-Ray Absorptiometry DEXA) ويعد الجهاز الأخير (Dexa) من أكثر وأدق الأجهزة المستخدمة وهو عبارة عن ماسح يستخدم شعاعين من الأشعة السينية منخفض الجرعة يقوم بامتصاص هذين الشعاعين بداخل العظام أثناء مرورهما خلاله، ويزيد هذا الامتصاص بزيادة كثافة العظام، حيث تسجل درجة الامتصاص بواسطة كاشف يوضع في الطرف المقابل للعظام متصل بحاسب يقوم بحساب كثافة العظام بناء على الامتصاص النسبي بين هذين الشعاعين.

ويوضح شكل (٦)، صورة لهذا الجهاز حيث يرقد المريض على طاولة في حالة سكون، وفي هذه الحالة يتحرك كل من مصدر الأشعة الموجود أسفل الطاولة مع الذراع الموجود أعلى المريض، ويقومان بعملية المسح الكلي أو التركيز على عضو محدد. ويقوم الجهاز بتحويل المعلومات الناتجة عن امتصاص الأشعة وتسجيلها بواسطة الكاشف وباستخدام الحاسب يمكن إبراز صورة للعضو مع إعطاء نتيجة كثافة العظم (BMD)، مقارنة بقيمتها للشخص المعياري - شخص شاب سليم - وإعطاء نسبة الانخفاض، فإذا كان الانخفاض أقل من واحد انحراف معياري (Standard Deviation) من الشخص المعياري تكون عادية (Normal)، أما إذا كانت بين ١ و ٢.٥ أقل من الانحراف المعياري فهذا يعني انخفاض في كمية العظام (Osteopenia) ولكنه ليس خطيراً مثل هشاشة العظم. أما إن كانت القياسات أكبر من ٢.٥ من الانحراف المعياري فإن ذلك يعني وجود هشاشة في العظام.

وفي حالة ثبوت وجود هشاشة في العظام فإن هذا المسح يجب أن يكرر أثناء العلاج. ويعد ماسح (DEXA) آمن نسبياً حيث أن الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها المريض تقدر بمقدار ١٠٪ من الجرعة التي يتعرض لها أثناء إجراء أشعة عادية للصدر، كذلك فإن الجهاز لا يحيط بالمريض ولا يتصل به اتصالاً مباشراً، وبذلك لا يسبب له أي إزعاج

المراجع

1- Cameron J.R (978 "Medical Physics" John Wiley of Sons, 38-58

2- Brunton, J.A., H.S.Bayley and S.A.Atkinson (993) Validation and application of dual-energy x-ray absorptiometry to measure bone mass and body composition in small infants Am.J.Clin Nut, 58, 839.

3- Whyte, M.P. (992. Hereditary Metabolic and dysplastic Skeletal disorders Coe. Favus M.J. (Ed., Disorders of Bone and Mineral Metabolism Raven Press Ltd, 210 UK.

4- Shapiro, J. (996) Osteogenesis Imperfecta and other defects of bone development as occasional Cause of Adult Osteoporosis In Marcus,R, Feldman D.Kelsey. J. (Eds) Osteoporosis, Academic Press, 703-713

5- National Institutes of Health, Osteoporosis and Related Bone Diseases, National Resource center 1232 22nd Street NW Washington DC 20037- 29 U.S.A,

6- Osteogenesis Imperfecta OI Foundation 804 W. Diamond Avenue Suite 2 0 Gaithersburg MD 20878 U.S.A.



الليبوزومات
(Liposomes) عبارة عن كريات
دهنية يتراوح قطرها ما بين ٢٠ نانومتر
إلى ٢٠ ميكرومتراً، تتكون نتيجة
تحوصل ذاتي للدهون حول جزء من
المحلول التي تتحوصل فيه، ويختلف
شكل وحجم الليبوزومات حسب نوع
الدهن والطريقة المستخدمة في
التحضير

د. مجدي محمد غنام

يعد العالم الإنجليزي آلن بنجهام (Allen Bengham) أول من وضع مسمى الليبوزومات لهذا النوع من الكريات الدهنية حتى تم تسميتها باسمه منذ ذلك الحين ورغم أنه كان من الممكن إطلاق أسماء أخرى للدلالة على هذه الكريات مثل الأوعية الدهنية، والكريات الدهنية والحويصلات الدهنية، إلا أن اسم الليبوزومات أصبح الأكثر شهرة

أهمية الليبوزومات

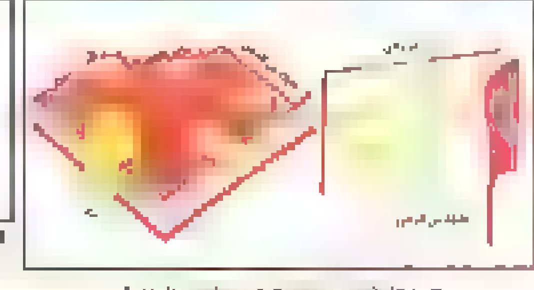
تنبع أهمية الليبوزومات من أنه يمكن استخدامها كوسيلة لمحاكاة غشاء الخلية من حيث تركيبها وعملها، حيث ظهر في السنوات الأخيرة علم يسمى علم الفيزياء الحيوية لغشاء الخلية (Cell membrane Biophysics) الذي أخذ يستخدم في الطب والصيدلة والكيمياء والأحياء والزراعة والهندسة الوراثية ومع تطور هذا العلم عزا العلماء سبب جميع الأمراض إلى اختلال في مكونات الخلية ومركباتها مما جعلهم يلجأون إلى دراستها من أجل محاكاتها خاصة غشاء الخلية، حيث اتضح لهم أن غشاء الخلية يتكون من أنواع كثيرة من الدهون، يقوم كل نوع بوظيفة معينة حسب نوعه ومكانه في جدار الخلية. ويوضح الشكل (١) غشاء الخلية في أبسط صورة، كما يوضح الشكل (٢) مركب جزيء الدهون، حيث من الملاحظ أنه يتكون من جزيئين: رأس قطبي التكوين ويتجه دائماً إلى الماء، وذيل يتكون من مجموعات هيدروكربونية ويميل إلى النفور من الماء.

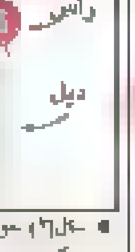
بدأ التعامل مع الليبوزومات شكل (٣)، قبل حوالي ثلاثين عاماً، ومع تطور الدراسات والبحوث في مجال العلوم الطبيعية، اكتسبت الليبوزومات أهمية كبرى في مجال العلوم الصيدلية خاصة لاستخدامها في صناعة الدواء كحاملة طبيعية حاملة، ومن ثم الانطلاق نحو الاستخدام الطبي في العلاج

وقد تعدت استخدامات الليبوزومات نطاق صناعة الدواء إلى استخدامها في التشخيص والتطعيم ضد الفيروسات المختلفة، وأدوات التجميل، والحماية من الأشعة الشمسية وكذلك استخدامها في صناعة الغذاء، ومن الملاحظ خلال السنوات الأخيرة ازدياد عدد الأبحاث المنشورة دولياً حول ما يتعلق بالليبوزومات فيصل ما يقارب الألفي بحث سنوياً

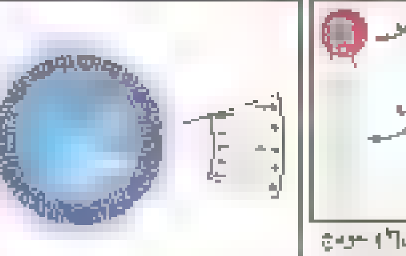
تصنيع الليبوزومات

تصنع الليبوزومات من دهون طبيعية مستخرجة من خلايا حية مثل صفار البيض أو نبات الصويا، وأحياناً من دهون مصنعة معملياً، وهي غير ضارة أو سامة وغير مرفوضة تماماً من جهاز المناعة بجسم الإنسان، حيث من الممكن أن


■ شكل(١) نموذج تركيب غشاء الخلية



■ شكل(٢) نموذج تركيب جزيء الدهون


■ شكل(٣) مقطع عرضي في ليبوزوم

يرتبط خلال غشائها أو بحوصلته بداخله العديد من المواد والعناصر مثل البروتينات والصبغات والأدوية.

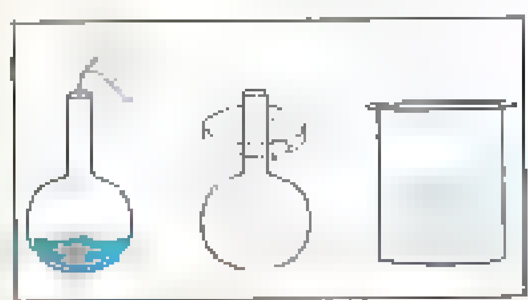
وتصنف الليبوزومات حسب طريقة تصنيعها اعتماداً على عدد الطبقات الدهنية وحجمها جدول (١) إلى ليبوزومات وحيدة الطبقة (Unilamellar) التي منها الكبيرة والصغيرة الحجم، وكذلك ليبوزومات عديدة الطبقات (Multilamellar) التي غالباً ما تكون ضخمة الحجم.

وكقاعدة عامة يتم تحضير الليبوزومات باستخدام طرق تعمل على المحافظة على مواصفات الدهون المستخدمة، والتي تقلل من الأكسدة أو التحلل، وتؤدي إلى الاستقرار خلال التعامل معها.

وتبدأ عملية التحضير بإذابة الدهون في محاليل عضوية مثل الكحول والإيثر، والكلوروفورم، أو خليط من تلك المذيبات بنسب محدودة، ومن ثم التعامل مع تلك المحاليل الذائبة. وتنقسم طرق التحضير إلى طرق رئيسية وأخرى فرعية حسب نوع المنتج المطلوب، وذلك كما يلي:

● الطريقة الميكانيكية

ترتكز هذه الطريقة شكل (٤) على إحداث طاقة ميكانيكية لمحتوى الدهون يساعد على تحويل الدهون حول قطرات ماء. وتتنوع هذه الطريقة ما بين الخلط باستخدام الاهتزاز البسيط والترشيح تحت تأثير الضغط، إلى استخدام الموجات فوق الصوتية ذات الطاقات العالية. ويحدد شكل، حجم الليبوزومات المكونة على مقدار ونوع الطاقة الميكانيكية المبذولة.



■ شكل (٤) الطريقة الميكانيكية المبسطة لتحضير الليبوزومات.

الرمز	المسمى	الحجم (نانومتر)
MLV	حويصلات عديدة الطبقة	أكبر من ٢
SUV	حويصلات وحيدة الطبقة ذات الحجم الصغير	أصغر من ١
LUV	حويصلات وحيدة الطبقة ذات الحجم كبير	من ١ إلى ١

■ جدول (١) تصنيف الليبوزومات حسب عدد الطبقات والحجم

● طريقة المذيبات العضوية

تعتمد هذه الطريقة على خلط الدهون المذابة في بعض المحاليل العضوية ببعض الماء، ومن ثم العمل على تطاير المذيب لتتحول الدهون حول قطرات الماء المتبقية مكونة ليبوزومات متوسطة الحجم.

● طريقة المنظفات

تعتمد هذه الطريقة على إذابة الليبوزومات المحضرة بإحدى الطرق السابقة ببعض المنظفات التي لا تؤثر على تركيب الدهون، ومن ثم العمل على إزالة المنظف مرة أخرى بإحدى الطرق المتعارف عليها. وبالتالي تعود الدهون مرة أخرى للتحول حول كريات الماء مكونة ليبوزومات ذات حجم متوسط ومتجانس.

استخدامات الليبوزومات

تستخدم الليبوزومات في العديد من الصناعات وذلك كما يلي:

■ نظام حامل للدواء

تستخدم الليبوزومات كنظام حامل للدواء بسبب تشابه بعض خواصها مع تراكيب الحية من حيث أنها دهون طبيعية غير مرفوضة من الجهاز المناعي بالجسم وغير سامة ولديها القدرة على حوصلة العديد من الأدوية. ويعتمد ذلك الاستخدام على الخواص الفيزيوكيميائية لليبوزومات، ونوع الدهن المستخدم، وحجمها ومدى استقرارها عند حمل الدواء وأيضاً مدى تفاعلها مع الخلايا الحية.

ويعتمد جدوى استخدام معظم الأدوية على مدى تأثيرها الصحي والعلاجي وقلة التأثيرات الجانبية الضارة بها، وقد نجح العلماء في استخدام الليبوزومات كحامل مساعد حيث تحتوي نسبة تصل إلى ٩٩٪ من الدواء المستخدم. ويعد عقار الدوكسوروبيسين أحد الأدوية التي نجحت الليبوزومات في حملها، إذ من المعلوم أن هذا العقار ذو فعالية جيدة في علاج الأورام السرطانية، ويستخدم في ما يعرف بالعلاج الكيميائي (chemotherapy)، ولكن تتمثل عوائق استخدامه في مقدار ومعدل الجرعة المستخدمة بسبب سميته العالية لأنسجة القلب ومقاومة الأنسجة السرطانية له مما يؤدي إلى استعمال كمية أكبر منه للقضاء على الورم.

وقد وجد العلماء أن حوصلة هذا الدواء داخل الليبوزومات قللت من آثاره السمية والضارة غير المرغوبة بخلايا القلب بنسبة عالية، كما زادت من فعالية الدواء وذلك لعدم فقد الكثير منه في مواضع أخرى داخل الجسم، فضلاً عن ذلك يمكن زيادة الجرعة المعطاة للمريض عن طريق تحميل الليبوزومات بكمية أكبر من الدواء مما يعد من أهم مميزات استخدام الليبوزومات في هذا المجال. وتستخدم الليبوزومات كمواد حاملة لأدوية علاج الأمراض الفطرية المعدية، ولأدوية فيروس الكبد الوبائي (أ)، (ب)، وقد وجد أيضاً زيادة فعالية الدواء وقلة سمية الدواء المحمل بالليبوزومات. كما وجد أيضاً أن الأدوية المضادة للالتهاب قد زادت فعاليتها حوالي سبعمائة ضعف عند تحميلها بالليبوزومات، وذلك في علاج التهابات الأربطة والمفاصل. كما تم تحميل الليبوزومات بالأدوية المستخدمة للقضاء على الفيروسات والإنسولين

والصفات الحيوية العديدة وكذلك الأدوية التي تستخدم ككواشف لتحديد مدى الانفصال الشبكي أو قطرات للعين.

ويوضح الجدول (٢) بعض منتجات الليبوزومات المحملة بالأدوية والتي تباع بالأسواق، كذلك بعض تلك التي تمر بالمراحل الأخيرة من الاختبار الصيدلاني والعلاجي لطرحها في الأسواق.

ومن الحقائق العلمية المعروفة أن للجهاز المناعي والكبد يتعاملان مع الأدوية بسرعة كبيرة لا تتعدى بضع دقائق من تعاطي الدواء ويعملان على امتصاصه والتخلص منه مما يقلل من استفادة الجسم القصوى منه، إلا أنه بعد حوصلة بعض الأدوية داخل الليبوزومات مع بعض المركبات التي تساعد على تضليل جهاز المناعة بالجسم مثل مادة البولي إثيلين جليكول وجد أن زمن سريان تلك الليبوزومات المحملة بالدواء داخل الجسم تصل إلى عدة ساعات (حوالي ٦ ساعات) كما يقل معدل التخلص من الدواء، ولذلك أطلق علمياً على هذا النوع من الليبوزومات بالليبوزومات الشبحية (Stealth liposomes) نسبة إلى تخفيها عن جهاز المناعة بالجسم كالأشباح.

ومن الحقائق العلمية الأخرى المعروفة أنه عند تعاطي الدواء لعلاج أحد الأمراض الموجودة، مثلاً في أصبع القدم، فإنه يسري ويصل إلى جميع أعضاء الجسم من الرأس إلى أخمص القدم، مما يقلل من استفادة العضو المصاب مباشرة.

وقد وجد العلماء أيضاً أنه عند تحميل الليبوزومات ببعض المركبات ذات الصفات الخاصة أو ذات القابلية للتفاعل مع بعض الخلايا دون الأخرى يمكن أن توجه الليبوزومات المحملة بالدواء إلى ذلك العضو المراد علاجه مباشرة، وبالتالي الاستفادة القصوى من الدواء (Drug Target Specification) وبزيادة فعالية توجيه الدواء نحو الهدف مباشرة وزيادة كمية الدواء المعطى للعضو المصاب يتجه المختصون إلى الجمع بين علاج باستخدام الليبوزومات المحملة بالدواء والطرق العلاجية المختلفة الأخرى مثل العلاج بالإشعاع النووي أو بالموجات الكهرومغناطيسية أو بأشعة الليزر مما يزيد من إيداع الدواء في العضو المستهدف أكثر من أي عضو آخر.

الشركة المنتجة والبلد	المنتج التجاري والدواء المستخدم	الاستخدام
Sequus الولايات المتحدة	Doxil دوكسوروبيسين داخل ليبوزومات شبحية	مضاد للأورام السرطانية
NeXstar الولايات المتحدة	[illegible] داخل ليبوزومات شبحية	مضاد للأورام السرطانية
	(Daunoxome) داخل ليبوزومات	مضاد للأورام السرطانية
	AmBisome أمفوتيريسين ب داخل ليبوزومات	مضاد فطري
	(MiKasome) ميكاسين داخل ليبوزومات	مضاد حيوي (المرحلة الأخيرة من الدراسات)
Liposome Co الولايات المتحدة	Myocet TLC D-99 دوكسوروبيسين داخل ليبوزومات	مضاد للأورام السرطانية (المرحلة الأخيرة من الدراسات)
Asta Medica ألمانيا	Optical Advances Creme	كريم موضعي لسرطان الجلد
Swiss Serum Inst سويسرا	Epaxal	تطعيم فيروس الكبد الوبائي A
Biozone lab الولايات المتحدة	[illegible] [illegible] داخل ليبوزومات	مخدر موضعي

■ جدول (٢) بعض منتجات الليبوزومات المحملة بالأدوية واستخداماتها

● الهندسة الوراثية

استغل العلماء قدرة الليبوزومات على التفاعل مع الخلية الحية، وكذلك قدرتها على حمل العديد من الجزيئات الكبيرة من مورثات وبروتينات وأحماض أمينية بزيادة مقدرة تلك الجزيئات على اختراق الخلية وإيجاد معلومات قيمة حول سلوك وتفاعلات الخلية أثناء انقسامها، والعمل على تسريع أو إبطاء تلك التفاعلات، ومثال ذلك استخدام الليبوزومات لحمل مصل مضاد للكبد الوبائي للتحصين ضد هذا الفيروس.

● تشخيص الأمراض

من أهم الطرق التصويرية المستخدمة في التشخيص استخدام الأشعة السينية في التصوير المباشر أو عمل صور مقطعية للجزء المراد دراسته بالتقنية المعروفة بالتوموغرافي المحوسبة (CT) أو استخدام الموجات الصوتية في عمل صور مقطعية وهي تسمى (Sonography)، وكذلك التصوير باستخدام الرنين المغناطيسي (MRI)، ويستخدم في تلك الطرق مواد مساعدة كعوامل موضحة للأنسجة الحية (contrast materials) للمساهمة في إيجاد صور لا يمكن الحصول عليها بدقة في عدم وجود تلك المواد، وعليه استخدم العلماء الليبوزومات في حمل تلك المواد سواء كانت إشعاعية أو مغناطيسية أو صوتية، مما أدى إلى تقليل الآثار الجانبية لتلك المواد وزيادة نسبة تركيزها خلال الفحص المستهدف تصويره، وبالتالي زيادة وضوح الصورة مما أدى إلى دقة التشخيص. وحديثاً استطاع العلماء تحميل الليبوزومات بالنيتروجين واستخدامها كمادة موضحة لدراسة وتشخيص أمراض الرئتين والممرات الهوائية.

● أدوات التجميل والعناية بالبشرة

تعرف الليبوزومات في الوقت الراهن شهرة فائقة ورائعة في مجال أدوات التجميل والعناية بالبشرة، ويوجد حالياً ما يربو على مائتي منتج متاح في الأسواق العالمية وبعض الأسواق العربية، وقد استخدمت الليبوزومات في مجال أدوات التجميل نتيجة أسباب منها أن الدهون المستخدمة تساعد على ترطيب الجلد مما يعطيه النضارة اللازمة للقيام بوظائفه الحيوية، وكذلك حمايته من الأشعة فوق البنفسجية وغيرها، فضلاً عن القدرة العالية لليبوزومات على حمل الأدوية والمواد الأخرى، ومن ثم زيادة مقدرة اختراق تلك المواد، وفي نفس الوقت الإقلال من

تحلله والتخلص منه واستغلاله لأطول وقت ممكن، وتوجد منتجات لليبوزومات على هيئة كريم، جل، معلق، سوائل، أو مساحيق.

● صناعة الغذاء

يرتكز استخدام الإنزيمات في صناعة الغذاء على قاعدة أساسية في تصنيعه كمستحضر حيوي وبالتالي انقسمت استخدامات الليبوزومات في مجال الغذاء إلى ما يلي:

أولاً: ساعدت كبسلة الإنزيمات المختلفة داخل الليبوزومات على زيادة فاعلية التخمر وتقصير الزمن اللازم لإتمامها ومن أمثلة ذلك عملية صناعة الأجبان.

ثانياً: تعمل الليبوزومات على زيادة فعالية اللقاحات وحمل الدواء وبعض المواد المغذية لأجزاء النمو المختلفة بالنبات.

ثالثاً: تتم معظم العمليات الحيوية الطبيعية من خلال جدار الخلية وبالتالي فإن دراسة تفاعل اللقاحات مع الليبوزومات كنموذج لجدار الخلية الحية يساعد على وضع الضوابط التي تعمل على زيادة التفاعلات النافعة وإنقاص المواد غير المفيدة.

رابعاً: أمكن استعمال الليبوزومات مع مكسبات الطعم والفيتامينات ومضادات الأكسدة.

● البيئة

استغل العلماء خواص الليبوزومات والتطور العلمي في ذلك المجال للعمل على الحد من تلوث مياه البحار ببقع الزيت أو التخلص من بعض الملوثات الموجودة بالتربة.

وقد وجد العلماء أن التوتر السطحي للزيت تقل بمعدل حوالي ألف مرة عند إضافة محلول الليبوزومات إلى بقع الزيت، مما يسهل عملية تشتيت وتحلل بقع الزيت، وبالتالي سحبه والتخلص منه خلال عملية التنظيف كما هو مبين بشكل (٥).

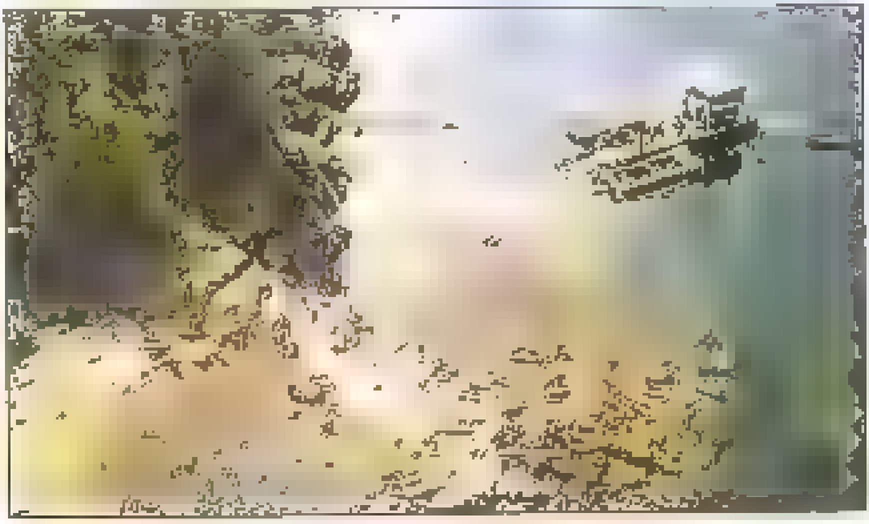
كذلك أمكن تحميل الليبوزومات ببعض الكائنات الدقيقة التي تتحلل وتعمل على تحلل المواد العضوية. كما تستخدم أغشية الليبوزومات كغشاء حيوي لتنقية المياه وتحليتها واستخلاص الأملاح المعدنية منها.

مستقبل الليبوزومات

من المتوقع إدراك المزيد من أدوية علاج الأورام السرطانية والعدوى الفطرية والبكتيرية والفيروسية، ومن ثم سوف نقفز إلى المرحلة محاولات علاج مرض الإيدز من خلال تنشيط جهاز المناعة بالجسم.

كذلك يمكن التوسع في استخدام الليبوزومات في مجال أمراض القلب والأوعية الدموية وما يتعلق بها من الكشف عن الجلطات وتصلب الشرايين، فضلاً عن ذلك يمكن إدخال الليبوزومات في صناعة بدائل الدم المختلفة، وذلك عن طريق تحميلها بمادة الهيموجلوبين اللازم لعمل الوظائف الحيوية لخلايا الدم، ومن ثم تغليفها بمادة البولي إيثيلين جليكول لمنع جهاز المناعة من التخلص منها وتسميتها (الليبوزومات الشبحية).

وبالرغم من ارتفاع سعر المواد المصنعة لليبوزومات في مجال صناعة الدواء ووجودها نسبياً في صناعة أدوات التجميل إلا أنه من المتوقع أن تزداد كفاءة وكمية المنتج وبالتالي تنخفض ثمنه.



● محاصرة التلوث البترولي في مياه بضخ كمية من الليبوزومات في منطقة التلوث.

المراجع

1. Bangham A. and Dawson R. (1958-1962) Biochem. J. and Biochem BioPhys. Acta
2. Gregoriadis G. (1993), "Liposome Technology" CRC Press
3. Dean J. and Nicolas (1994) "Liposomes as Carriers for Drugs and Antigens" Drug Devol. and Industrial pharmacy. 20.
4. Paternostre M., and Channum M. (1995) "Partition Coefficient of a Surfactant between aggregates and solution" Biophysical J., 69
5. Kulkarni, S., and Singh M. (1995) "Factors Affecting Microencapsulation of Drugs in Liposomes" J. microencapsulation, 12
6. Babincova M. and Bibinec P. (1995) "Possibility of magnetic targeting of drugs using magnetoliposomes" Pharmazie. 50
7. Lasic D. (1995) "Liposomes from Physics to Applications" Elsevier Press
8. Ghannum M., and Ali F. (1996) "Effects of the external fields on the Drug released from Liposomes" EJB
9. Vemuri S and Rhodes C. (1995) "Preparation and characterization of Liposomes as therapeutic delivery pharmaceutica Acta Helvetiate
10. Kirpotin D. and Papahadjopoulos D. (1997) "Sterically Stabilized Anti-HER2 Immuno Liposomes, Design and Targeting to Human Breast Cancer" Biochemistry. 36
11. Gaber M., Ghannum M., (1998) "Interaction of Doxorubicin with phospholipid monolayer and liposomes" Biophysical chemistry. 70
12. Lasic D. (1998) "Novel Application of Liposomes" TIBTECH, 16.
13. Lasic D. and Papahadjopoulos (1998) "Medical Application of Liposomes" Elsevier Press

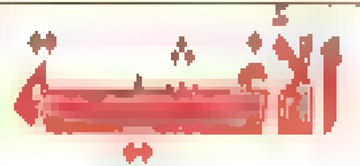


الأغشية الحيوية

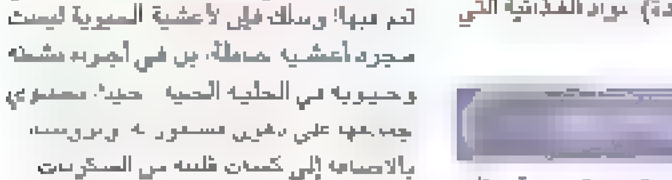
تعتبر الخلية هي الوحدة الأساس لبناء الأجسام الحية، إذ تتكون كل نسيج من خلايا متشابهة، تتجمع الأنسجة لتشكل الأعضاء المختلفة التي تشكل جسم الكائن الحي.

تحاط الخلية عادة بطبقة دهنية مزدوجة (lipid bilayer) يطلق عليه غشاء الخلية (Cell membrane)، ويتميز بأنه ذو نفاذية اختيارية (Selectively permeable)، يفصل بين الخلية ومحيطها، كما تحتوي الخلية على عدد من الأغشية تقسم حيز الخلية إلى عدة حجرات قد تختلف عن بعضها البعض في محتوياتها نتيجة فصلها بتلك الأغشية، ويؤدي هذا التنظيم إلى حصر الحبيبات (Substrates) مع الإنزيمات في الحجرة نفسها لكي تتفاعل بكفاءة عالية، وقد تكون جزءاً لا يتجزأ من تركيب الغشاء، كما في الغشاء الداخلي للمتقدرات Mitochondria.

تتكون الخلية من نواة (Nucleus) وعضيات (Organelles) تسبح في الهيولي (Cytoplasm)، شكل (١). ويلعب الهيولي دوراً هاماً في تأدية الخلية لوظائفها المختلفة كما يقوم بالعديد من الوظائف الحيوية الأخرى حيث تتم فيه عمليات البناء مثل عملية تصنيع الدهون والبروتين والأنواع الأخرى من الجزيئات الكبيرة (Macromolecules)، كما يتم فيه أيضاً توليد الطاقة اللازمة بتقسيم تلك المغذيات حيث تستخلص معظم تلك الطاقة من عملية هدم (أكسدة) المواد الغذائية التي تدخل الخلية.







تحتاج الكائنات لكي تبقى حية إلى أغشية حيوية (Biological Membranes) تعزل محتوياتها الداخلية والعضيات عن محيطها الخارجي، وتتحكم هذه الأغشية في حركة المواد من وإلى الخلية للمحافظة على مكوناتها، ممثلاً لهذه الأغشية القدرة على ضبط سريان المعلومات بين الخلايا إما بالتعرف على جزيئات التأشير (Signal molecules) التي تستقبلها من الخلايا الأخرى أو بإرسال إشارات كيميائية أو الكترونية إلى خلايا أخرى، كما تساهم الأغشية في تحرير الطاقة، كما في عملية التمثيل الضوئي والفسفرة التأكسدية التي تتم فيها! ومع ذلك فإن الأغشية الحيوية ليست مجرد أغشية خاملة، بل هي أجزاء نشطة وحيوية في الخلية الحية، حيث تحتوي جميعها على دهون فسفورية وبروتينات بالإضافة إلى كميات قليلة من السكريات.

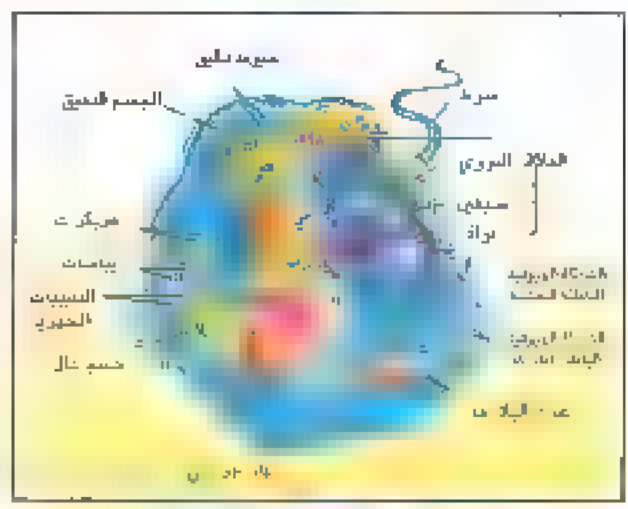
تلعب مرونة الغشاء والجزيئات البروتينية (داخلية وخارجية) دوراً هاماً في عملية الاتصال ونقل المعلومات بين الخلايا المختلفة، كما توجد تأكيدات حديثة على أن فشل الاتصال بين خلية وأخرى يحدث مشاكل خطيرة للعضو ويمكن أن تكون أحد الأسباب الرئيسية في حدوث السرطانات.

■ مكونات الأغشية الحيوية

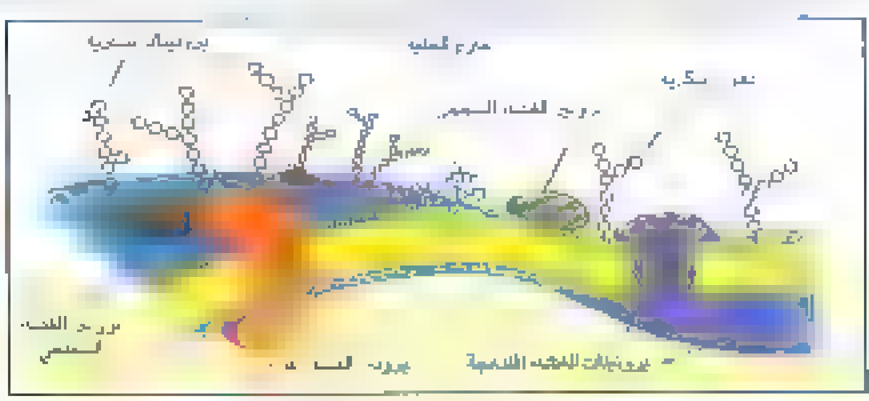
تتكون الأغشية الحيوية من ثلاث مركبات رئيسية هي:

● الدهون: وتتشابه تركيبها العام في جميع الأغشية الحيوية، فهي تتكون من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون الفسفورية، والكوليسترول، والدهون السكرية والبروتيدات السكرية.

تشكل الدهون طبقة مزدوجة تتكون كل منها من أحماض دهنية فسفورية ذات



● شكل (١) خلية حيوانية نموذجية



● شكل (٢) تركيب غشاء خلية حقيقية

جزئي مستقطب (Amphipathic) أحد طرفيه قطبي يعرف بالرأس، والآخر غير قطبي يعرف بالذيل.

تترتب جزيئات الدهون الفسفورية بشكل منتظم بحيث تكون الأطراف غير القطبية (الذيول) باتجاه وسط الغشاء، بينما تقع الأطراف القطبية (الرؤوس) التي تحمل شحنة كهربائية ساكنة (Electrostatic) قرب سطح الغشاء الداخلي باتجاه الهيولي (السيتوبلازم) أو السطح الخارجي للغشاء، مكونة طبقة دهنية مزدوجة تجعل من الغشاء نظاماً ثابتاً، كما هو موضح في شكل (٢). ولأن معظم دهون الغشاء تحتوي على سلسلتين من الأحماض الدهنية المؤسترة (Fatty acyl) مشبعة (Saturated)، والتي تحتوي عادة على ما بين ١٤ إلى ٢٤ ذرة كربون، وسلسلة واحدة غير مشبعة (Unsaturated) تحتوي على رابطة واحدة أو أربع روابط مزدوجة (Double bond) من النوع الجنسي (Cis.)، فإن هذه الروابط المزدوجة تكوّن انحناءات (Bends) في سلسلة الحمض الدهني، فتلعب دوراً أساسياً في سيولة (Fluidity) الغشاء. أما الأطراف غير القطبية فتوفر قوة الاستقرار والتماسك الرئيسية للغشاء، وتدعم هذه القوة قوى أخرى ناتجة من أن الأطراف القطبية الرأسية تكون بعيدة عن بعضها البعض، فتشارك هذه الأطراف في استقرار رقائق الغشاء نتيجة تفاعلات قوى غير تساهمية (Non-covalent) مثل الروابط الأيونية، والروابط الهيدروجينية، وغيرها مع الجزيئات القطبية المجاورة.

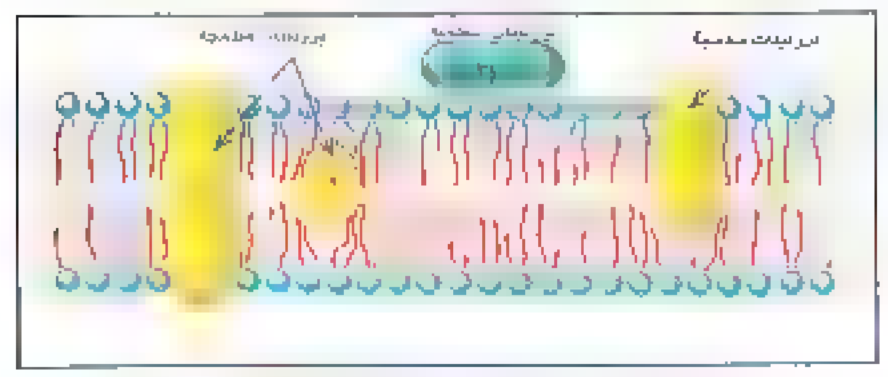
نوع الأحماض الدهنية على سيولة غشاء الخلية، حيث توجد ارتباطات وثيقة كلما زاد التحرر عن الدهون غير المشبعة. وقد وجد أن بعض الكائنات الحية مثل البكتريا تستطيع تغيير نسبة الدهون المشبعة إلى غير المشبعة استجابة للتغيرات في درجة الحرارة أثناء نموها. وقد وجد أيضاً أن غشاء خلايا حيوان الرنة Reindeer يحتوي على كميات كبيرة من الدهون غير المشبعة القريبة من الحافر (الظلف) حيث يكون عرضة للبرودة أكثر من باقي الجسم، وبالتالي يكون غشاء الخلية للحافر سائلاً أثناء فترة البرد والجليد.

● البروتينات: وتقوم بمعظم الوظائف الخاصة للغشاء، لذلك تتباين كميتها ونوعها من غشاء إلى آخر، فكلما كان الغشاء مساهماً في العمليات الأيضية كانت كمية البروتينات كبيرة.

وقد دلت التجارب على أن بعض جزيئات بروتينات الغشاء تتحرك وتتمتع بحركة جانبية سريعة، والبعض الآخر لها القدرة على التجمع (Aggregations) والالتصاق (Patch) على سطح الخلية أو العصبي، الأمر الذي يؤدي إلى عرقلة الحركة الفردية لجزيء البروتين، بعضها يمكن لها أن تتحرك حركة جماعية مع بعضها البعض مكونة هيكلاً متصلاً، كما في مستقبلات أسيتيل كولين (Acetylcholine)، ويتجمع البعض الآخر من بروتينات الغشاء مع بعضه البعض مكوناً مرساة (Anchor) تمنع حرية حركة جزيئات البروتينات الفردية داخل الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، كما هو الحال في كريات الدم الحمراء التي تحتوي على جزيء جلايكوفوربين (Glycophorin) وجزيء تبادل البيكربونات والكلوريد (Chloride bicarbonate exchanger).

تتفاعل جزيئات الدهون للطبقة المزدوجة مع جزيئات بروتينية تعمل كقناة (Channel) لعبور الجزيئات والأيونات من وإلى الخلية، كما تعمل هذه البروتينات كعلامات للتعرف على الصفة المناعية الخلوية (Immunological identity). يمكن تقسيم بروتينات الغشاء بناء على مواقعها وارتباطها إلى عدة مجموعات، هي:

- بروتينات الغشاء الجوهرية (Intrinsic): وتتميز بأنها ذات مجاميع قطبية (مشحونة) ومجاميع غير قطبية (غير مشحونة)، تقع المجاميع القطبية بين الأطراف القطبية لجزيئات الدهن على الجانب الهيولي أو الخارجي للغشاء، بينما تقع مجاميع غير قطبية (غير مشحونة) بين سلاسل الأحماض الدهنية غير القطبية في عمق الغشاء.



● شكل (٣) بعض أنواع البروتينات المصاحبة للغشاء

- بروتينات الغشاء الناقل (Transmembrane):
وتمثل بعض أنواع جزيئات البروتينات التي تمتد عبر كامل عرض الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء. تمتلك هذه البروتينات مناطق كارهة للماء (Hydrophobic) مدفونة في عمق الطبقة المزدوجة للغشاء، وتتفاعل مع الطرف غير القطبي لجزيئات الدهن الفسفوري. وتتميز هذه المناطق في أغلب الأحيان بأنها حلزونية (Helical) الشكل مكونة أنابيب قاسية ومرصعة (studded) بالسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية للبروتين الكارهة للماء. وقد يحتوي البروتين الناقل على منطقة واحدة أو أكثر من هذه المناطق الحلزونية.

- البروتينات المندمجة (Integral):
وتشمل بعض جزيئات البروتينات التي لا تمتد عبر كامل عرض الغشاء ولكن تمتد فقط عبر النصف الداخلي أو الخارجي لهذه الطبقة. وترتبط تساهمياً (Covalently) بالسطح الداخلي إما بسلسلة الحمض الدهني أو بالدهن الفسفوري، كما هو مبين في شكل (٢). ويمكن فصل هذا النوع من البروتينات من الغشاء بتحطيمه بواسطة منظفات العضوية أو المنظفات.

- بروتينات الغشاء السطحية (Peripheral):
ويطلق عليها هذا الإسم لأنها لا تمتلك مجاميع غير قطبية مطمورة في وسط الطبقة الدهنية المزدوجة. لذلك فإن جزيئاتها ترتبط بالغشاء إرتباطاً غير محكم بواسطة قوى غير تساهمية تتم بين مجموعات العلاقة. و بالتالي يمكن فصلها بإستخدام مذيبات العضوية أو منظفات أو تغيير الرقم الهيدروجيني (pH) أو تغيير القوة الأيونية (Ionic strength) دون أن يحدث تمزق للغشاء الحيوي. و من أمثلتها بروتين سيتوكروم ج (Cytochrome c) للغشاء الداخلي للمتقدرات (الميتوكندريا).

السكريات: وتوجد بكميات قليلة جداً ترتبط معظمها برابطة تساهمية مع البروتينات مكونة البروتينات السكرية (Glycoproteins) أو مع الدهون مكونة الدهون السكرية (Glycolipids).

ترتبط جزيئات السكر بجزيئات بروتينات الغشاء إما عن طريق المجموعة الوظيفية الأميدية (Amide $CONH_2$) للسلسلة الجانبية للأسبارجين (Asparagine) أو مجموعة الهيدروكسيل (OH) للسلسلة الجانبية للسيرين (Serine) أو الثريونين (Threonine). تُكوّن هذه الجزيئات السكرية - عادة - سلاسل قصيرة ومتفرعة تحتوي ما بين ٤ إلى ١٢ جزيء سكر مغطية السطح الخارجي للخلية ومكونة طبقة سكرية تعرف بغطاء الخلية (Cell coat)، أو الكأس السكري (Glycocalyx). تتألف هذه الطبقة من سلاسل طويلة من سكريات مركبة ترتكز على جزيئات بروتينية تخترق النصف الخارجي من الغشاء شكل (٢).

يساهم غطاء الخلية في تعرف الخلية على خلية أخرى ومن ثم إلتصاقها بها. وهناك علاقة وثيقة بين غشاء الخلية وغطائها، فعند إزالة الغطاء دون تمزيق الغشاء يبقى الخلية حية، و تستطيع توليد غطاء جديد، غير أن تمزق غشائها يؤدي إلى موتها.

يمكن تلخيص أهم الوظائف التي يقوم بها غطاء الخلية بما يلي:

١- يقوم مقام حاجز يطرد المواد الأخرى ذات الشحنة السالبة بسبب إمتلاكه لشحنات سطحية سالبة.

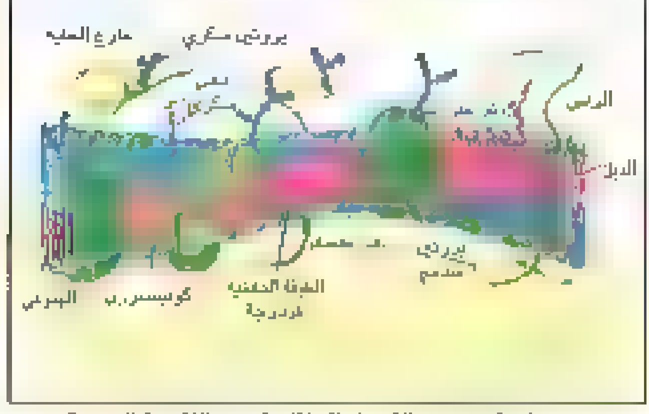
٢- يعمل على إلتصاق الخلايا مع بعضها البعض.

٣- تلعب دوراً مهماً في عمليات التعرف الجزيئي لبعض المواد مثل المستقبلات الهرمونية (Hormonal receptor).

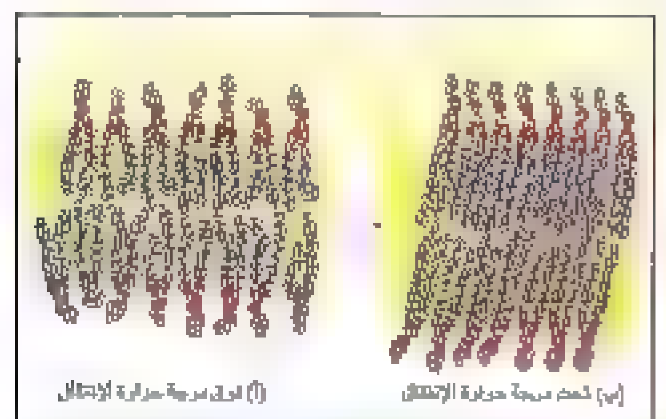
٤- التعرف على المواقع التي تمنح الخواص المناعية للخلية (Immunological identity).



تعرف النموذج الحالي لترتيب و تنظيم مكونات الأغشية الحيوية بنموذج الفسيفساء السائل (Fluid mosaic model) وذلك حسب النظرية التي إقترحها الباحثان (Singer و Nicolson) عام ١٩٧٢م، والتي تشير إلى سيولة الدهون وشيوع الهيكل بشكل عام، شكل (١). وبناء على هذه النظرية وجد أن سمك كل وريقة غشائية (Leaflet) حوالي ٢.٥ نانومتر (nm)، وسمك الجزء الرأسي حوالي ١ نانومتر، وسمك الجزء الذيلي حوالي ١.٥ نانومتر، وتتأثر سيولة هذه الطبقة بعدة عوامل منها:



■ شكل (١) نموذج الفسيفساء السائل لتركيب الأغشية الحيوية



■ شكل (٣) تطور الإنتقال للطبقة الدهنية المزدوجة.

● الحرارة: وتؤثر تغيراتها في حالة الطبقة الدهنية المزدوجة، فمثلاً عند درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (٢٠°م) تقصر وترتص وتنتظم الأطراف الهيدروكربونية (الذيل) للطبقة الدهنية المزدوجة مع بعضها البعض مكونة هيكلاً قاسياً منتظماً تعرف بالحالة الهلامية (Gel state)، وعندما تزداد درجة الحرارة إلى حوالي (٣٧°م) يتحول الغشاء إلى الحالة البلورية. أما عندما تصل درجة الحرارة إلى أعلى من (٤٢°م) فإن الجزيئات الدهنية تتحرك بسرعة أكبر مسببة انصهار الطبقة الدهنية المزدوجة وتحولها إلى الحالة السائلة (Liquid state) شكل (٥). وتعرف الحرارة التي تصبح عندها السلسلة الدهنية مزدوجة سائلة بحرارة الانتقال (Transition)، وتتراوح عادة لمعظم الأغشية الحيوية ما بين ١٠ - ٤٠ درجة مئوية.

تتأثر درجة حرارة الانتقال (أي أن السلسلة الدهنية تكون أكثر سيولة) بعدة عوامل، منها: طول الذيل، وعدد ذرات الكربون، ووجود الروابط المزدوجة. فالسلاسل القصيرة تنصهر عند درجة حرارة أقل مقارنة بالسلاسل الطويلة، لذلك تتميز بدرجة حرارة انصهار أقل. بينما يؤدي وجود الروابط المزدوجة في الذيل إلى تكون انحناءات، وبالتالي يصعب على الدهن الفسفوري أن يرتص وينتظم، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة المزدوجة، ويلاحظ ذلك في الزيوت المائعة، مثل زيت الزيتون الذي يكون سائلاً، بينما تكون الشحوم صلبة عند درجة حرارة الغرفة.

● الكوليسترول: ويلعب دوراً في تنظيم درجة حرارة الانتقال أثناء تغير درجة حرارة الجسم في الفصول المختلفة، فمثلاً عند درجات حرارة أقل من الدرجة الانتقالية البروتينية لدى الحلقات الهيدروكربونية والسلسلة الجانبية للكوليسترول تمنع ترتيب ورصف وتنظيم الأطراف غير القطبية (الذيل) للغشاء، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة الدهنية المزدوجة. والعكس صحيح عندما تكون درجة الحرارة أعلى من الدرجة الانتقالية للغشاء فإن نظام الحلقة الهيدروكربونية الصلب للكوليسترول تقلل من حرية الحركة للأطراف غير القطبية للطبقة الدهنية المزدوجة المجاورة للكوليسترول، وبذلك تمنع عملية الذوبان فتؤدي إلى تقليل سيولة الغشاء. وربما فإن وجود الكوليسترول في الطبقة الدهنية المزدوجة مهم جداً في تقليل سيولة غشاء الخلية وجعله يقاوم إلى حد ما التغيرات في البيئة المحيطة بالكائن الحي، خاصة تغيرات درجات الحرارة أثناء فصول السنة.

كما يؤثر أن ترتيب ووضع جزيئات الكوليسترول على سيولة الغشاء. فعلى سبيل المثال يحتوي أغشية خلايا الكائنات الحقيقية (Eukaryote) على جزيء كوليسترول واحد لكل جزيئين من الدهن الفسفوري. تقع جزيئات الكوليسترول بين الطبقة الدهنية المزدوجة للدهون الفسفورية، بحيث تكون مجموعة الهيدروكسيل قريبة من الطرف القطبي (الرأس) للطبقة الدهنية المزدوجة، بينما تكون الحلقات الهيدروكربونية والسلسلة الجانبية للكوليسترول مدفونة داخل الطبقة الدهنية المزدوجة، كما يظهر في الشكل (٤). وبالتالي يقلل هذا الترتيب والتفاعل لجزيئات الكوليسترول من سيولة الغشاء.

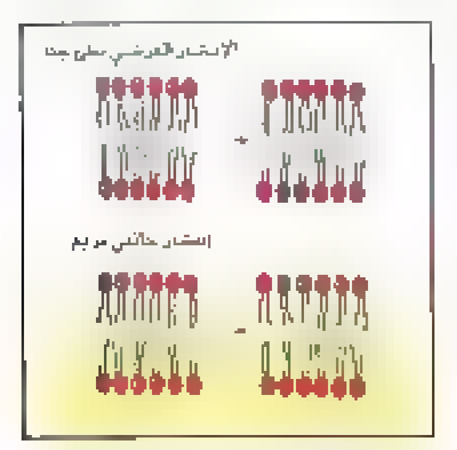
يحتوي البلازما الدم على عدة بروتينات دهنية للكوليسترول منها ما يعرف بالبروتينات الدهنية عالية الكثافة (High-density lipoproteins HDL) وتعد هذه البروتينات المستقبلات (Receptors) الرئيسية في السائل الخارجي للخلايا (Extracellular fluid) للكوليسترول المتحرر من الخلايا بطريقة النقل السطحي للكوليسترول، وهذه هي الخطوة الأولى في النقل العكسي للكوليسترول حيث يتم فيها نقل الكميات الزائدة منه من الأنسجة غير الكبدية (Extra hepatic) إلى الكبد وبالتالي إفرازه في الصفراء للتخلص منه.

● الروابط المزدوجة في الذيل: وتؤدي إلى تكون انحناءات، وبالتالي يصعب على الدهن الفسفوري أن يرتص وينتظم، الأمر الذي يزيد من سيولة الطبقة الدهنية المزدوجة، كما في الزيوت النباتية، مثل زيت الزيتون الذي يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة بسبب تكون الشحوم صلبة عند نفس الدرجة من الحرارة.

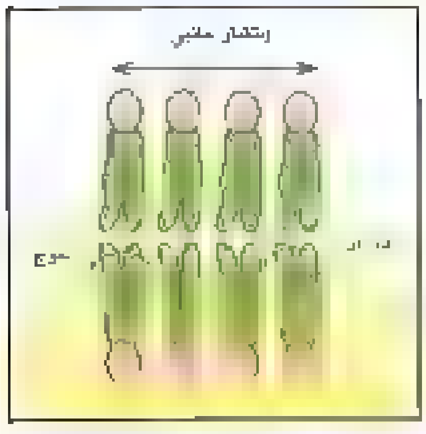
● حركة الجزيئات في الطبقة الدهنية

دلت التجارب على أن جزيئات الدهن الفسفوري لها القدرة على الحركة، إذ ينتشر بعضها بسرعة بحركة جانبية (Lateral movement)، ويمضي بحركة دورانية (Rotation) حول محورها من الرأس إلى الذيل، أما البعض الآخر فله القدرة على التموج (Waving) حول النهايات الطرفية للذيل. فتتحرك جزيئات الدهون داخل الطبقة نفسها، أما تحركها من طبقة إلى أخرى فيعد نادراً، أو ربما مستحيل كما في الشكلين (٦ - ٧).

من جانب آخر تتفاوت قدرة جزيئات بروتين الغشاء على الحركة حسب تركيبها



● شكل (٦) انتشار جزيئات الطبقة الدهنية المزدوجة



● شكل (٧) حركة جزيئات الطبقة الدهنية المزدوجة

	[illegible]	[illegible]	[illegible]
كرية الدم الحمراء (الإنسان)	٤٣	٤٩	٨
خلية عصبية للنخاع (الإنسان)	٧٩	١٨	٣
الميتوكوندريا (كبد الجرذان)			
الغشاء الداخلي	٢٢	٧٥	٣
الغشاء الخارجي	٤٧	٥	٣

● جدول ١: مكونات الغشاء الخلوي لبعض الخلايا

و تصميمها. ويمكن لجزيئات البروتين أن تتحرك جانبياً في الغشاء، مثلها مثل قطع الجليد في البحيرة، لأن الطبقة الدهنية المزدوجة تكون سائلة عند درجة حرارة الجسم الطبيعية.

● تنوع الغشاء الخلوي

تتنوع الخلايا في وظائفها سواءاً في تكوينها أو في تركيبها، فعلى سبيل المثال نجد أن أحد الأطراف المغلفة للمحاور العصبية تتكون من مادة دهنية (Myelin) تحتوي على حوالي ٧٩٪ من وزنه من الدهون، بينما يحتوي غشاء كرية الدم الحمراء على بروتينات أكثر قليلاً إذ يحتوي على (٤٩٪) بروتين مقابل (٤٣٪) دهون، ومع أن معظم جزيئات البروتين مرتبطة بالطبقة الداخلية للغشاء إلا أنها تساهم في تكوين هيكل الخلية. كما أن الأغشية التي لها دور رئيسي في العمليات الأيضية (Metabolism) ومهام وظائف أنزيمية مثل الغشاء الداخلي للميتوكوندريات تحتوي على ٧٥٪ بروتين جدول (١).



تعد عملية نقل المواد والأيونات ما بين داخل الخلية وخارجها عملية حيوية نشطة ومهمة لاستمرار عمل ونمو الخلية فالأغشية الحيوية ليست منفذة لكل المواد والأيونات، ولكنها ذات نفاذية اختيارية. ولذا فإنها تلعب دوراً مهماً وحيوياً في بقاء الخلية. كما تحافظ على تماسك المكونات وتفصلها عن الهيولي، كما تعمل كأماكن للتفاعلات البيوكيميائية في الخلايا الحية إضافة لذلك فدورها لتنظيم والتحكم بالاتزان الضرورية لجميع العمليات الحيوية. تسمح الأغشية الحيوية بعبور العديد من الجزيئات والأيونات من خلال آليتين مختلفتين، هما:

● النقل النسبي

تتميز آلية النقل السلبي (Passive transport) بكونها لا تتطلب صرف طاقة من قبل الخلايا، كما أن الخلايا لا تظهر نشاطاً خاصاً، كأن تسمح لمواد معينة بالانتقال وتعرقل مواد أخرى، أو تسمح بانتقال مواد أسرع من مواد أخرى، وبالتالي فإن الطاقة التي تولد هذا الانتقال هي الطاقة الحركية الاعتيادية للجزيئات، أي ما يعرف بالانتشار (Diffusion)، وتنقسم هذه الآلية بدورها إلى نوعين هما:

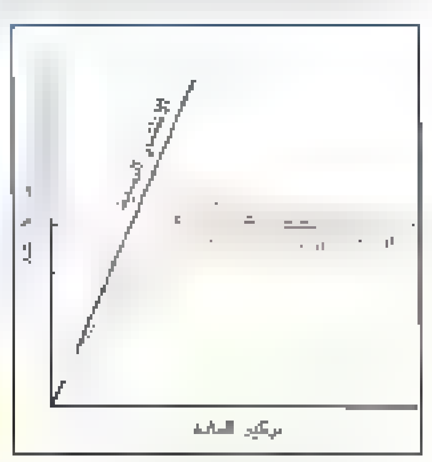
● الانتشار البسيط (Simple Diffusion): ويقصد به صافي عملية نقل الجزيئات والأيونات من مناطق تركيزها العالي إلى مناطق تركيزها المنخفض نتيجة للحركة العشوائية للجزيئات والأيونات الناتجة عن الطاقة الحرارية، ويمكن أن يتم الانتشار البسيط للجزيئات والأيونات خلال الغشاء بطريقتين، من خلال فجوات للطبقة الدهنية المزدوجة بالغشاء، ومن خلال القنوات المائية في بعض البروتينات الناقلة. لذلك يستطيع الانتشار عبر هذا الغشاء أي جزيء بإمكانه الذوبان في الغشاء، ويعتمد معدل انتشاره على تدرج (gradient) تركيز المادة عبر الغشاء، وعلى معامل انقسام الجزيء بين الوسطين القطبي وغير القطبي للغشاء. ومن أمثلة الجزيئات التي تعبر الغشاء جزئياً أو كلياً بواسطة هذا الانتشار، الماء والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والكحول وغيرها، كما تعتمد النفاذية السالبة للأيونات عبر الغشاء على نصف قطر الأيون المتميه (Hydrated).

وتعد الذوبانية الدهنية للمادة أهم عامل يحدد سرعة تحرك المواد خلال الطبقة الدهنية المزدوجة. فمثلاً يذوب الأكسجين والنيتروجين والكحول كلياً ومباشرة في الطبقة الدهنية المزدوجة بسبب ذوبانيتها العالية، ثم تنتشر خلال الغشاء بالطريقة نفسها التي يتم بها انتشار هذه المواد في المحلول المائي. ويتضح من ذلك أن سرعة انتشار هذه المواد خلال الغشاء يتناسب تناسباً طردياً مع درجة ذوبانيتها في الدهون، لذلك فإن كميات كبيرة من الأكسجين يمكن أن تنتقل بهذه الطريقة. بالرغم من أن الماء لا يذوب بالدهون بدرجة كبيرة جداً لكنه يخترق غشاء الخلية بسهولة ويعبر معظمه مباشرة خلال قنوات البروتين، وتصل سرعة الاختراق إلى سرعة مدهشة، فمثلاً تبلغ كمية الماء الكلية التي يمكن أن تنتشر خلال غشاء كرية الدم الحمراء في الثانية الواحدة حجماً يساوي ١٠٠ ضعف حجم الخلية نفسها، إلا أن المواد المحبة للماء تكون نفاذيتها محدودة جداً عبر الطبقة الدهنية المزدوجة للغشاء، بينما نفاذية الأغشية للأيونات عالية جداً، حيث أنها تنجذب كهروستاتيكياً مع جزيئات الماء، وتتحرك داخل وسط الغشاء مكونة ما يعرف بغلاف الإذابة (Solvation shell).



● شكل (٨): نقل الجزيئات بواسطة النقل الميسر

● الانتشار الميسّر (Facilitated Diffusion): ويتضمن نقل الجزيئات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض بطريقة مشابهة للانتشار البسيط، إلا أن الجزيئات لا تستطيع بهذه الطريقة العبور خلال الغشاء من دون مساعدة بروتين حامل لها. وهذا يعني أن الحامل البروتيني ييسر انتشار الجزيئات للجهة الثانية، ولهذا يعرف بالانتشار الميسّر. ولا يتطلب صرف طاقة، ويوضح شكل (٨) أن هناك أنواعاً



● شكل (٩) تأثير تركيز المادة على سرعة الانتشار خلال الغشاء.

عدة من بروتينات النقل، منها ما يلي:

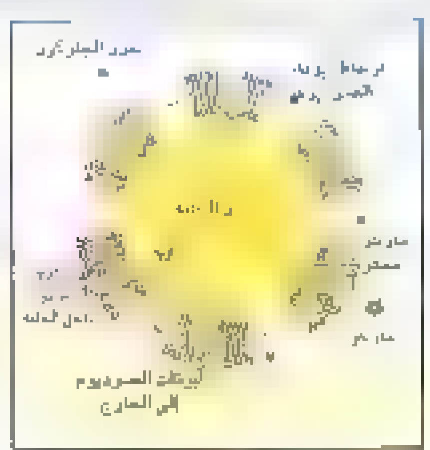
- البروتين المثقوب: وهو عبارة عن قناة أو نفق له فتحتان: الأولى مفتوحة للخارج بينما الفتحة الثانية مفتوحة للداخل، إذ يتم نقل الجزيئات عبر هذه القناة من تركيزها العالي إلى تركيزها المنخفض.

- البروتين الناقل: وفيه يتم ارتباط الجزيء المراد نقله في منطقة الربط الخاصة به، ثم يقوم البروتين بنقله من منطقة التركيز العالي عابر الغشاء الحيوي إلى منطقة التركيز المنخفض، ومن الأمثلة على ذلك الحركة السريعة للجلوكوز والفركتوز خلال خلايا الأمعاء الدقيقة، وأيضاً حصول خلايا كريات الدم الحمراء وخلايا العضلات وخلايا الكبد على الكربوهيدرات بسرعة.

ويعد جزيئات الجلوكوز وبعض الأحماض الأمينية من بين أكثر المواد الضرورية التي تعبر الغشاء بهذه الطريقة، وقد تم التعرف على الوزن الجزيئي لجزيء البروتين الناقل للجلوكوز، ويبلغ حوالي ٤٥٠٠٠ دالتون، كما يتم نقل العديد من السكريات الأحادية الأخرى التي لها التركيب الكيميائي الشبيه بالجلوكوز بنفس البروتين الناقل.

قد يوجد بعض المواد التي تساعد على زيادة سرعة الانتشار الميسّر، إذ لوحظ أن الأنسولين يساعد على سرعة الانتشار الميسر للجلوكوز حتى تصل ما بين ١٠ - ٢٠ ضعف.

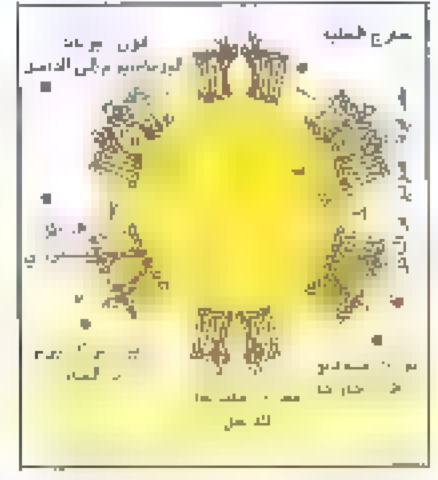
الجدير بالذكر أن الانتشار الميسّر يختلف عن الانتشار البسيط في أن سرعة الانتشار البسيط خلال القناة المفتوحة تزداد بشكل مع زيادة تركيز الجزيئات المنتشرة (بنسبة طردية مع التركيز)، أما في حالة الانتشار الميسّر فتصل سرعة الانتشار إلى الحد الأقصى - تعرف بالسرعة القصوى (Maximum velocity Vmax) عندما يزداد تركيز الجزيئات (عندما يصل الانتشار إلى حالة التشبع)، ويوضح شكل (٩) الفرق بين الانتشار البسيط والانتشار الميسر.



● شكل (١٠) نقل الجلوكوز بمصاحبة الصوديوم

● النقل النشط

يتطلب النقل النشط (Active transport) صرف طاقة من قبل الخلايا، كما أن الخلايا تظهر نشاطاً خاصاً. وتتضمن هذه الآلية نقل الجزيئات بعكس متدرج (فارق) التركيز (Against concentration gradient)، أي من منطقة التركيز المنخفض إلى منطقة التركيز العالي، ويحتاج إلى طاقة تأتي غالباً من تحلل جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) إلى ثنائي أدينوسين الفوسفات (ADP) أو إلى أحادي أدينوسين الفوسفات (AMP)، وهذا ما يعرف بالنقل النشط الأولي (Primary active transport)، إضافة إلى أن العديد من المواد تنقل بطريقة غير مباشرة، وذلك باستخدام متدرج (فارق) التركيز الناتج من النقل النشط الأولي، وهذا ما يعرف بالنقل النشط الثانوي (Secondary active transport).



● شكل (١١) مضخة الصوديوم - البوتاسيوم

يوجد هذان النوعان من النقل (الأولي والثانوي) في العديد من الخلايا، مثل الخلايا الطلائية للأنابيب الكلوية (Renal tubular epithelial cells) التي تقوم باسترجاع الجلوكوز شكل (١٠)، فمثلاً يتم نقل الجلوكوز مصحوباً بأيونات الصوديوم، حيث يرتبط أيون الصوديوم ببروتين النقل محفزاً إياه على التحرك والارتباط بالجلوكوز، ومن ثم نقله من الخارج إلى الداخل، وبعد ذلك يتم ضخ أيونات الصوديوم من الداخل إلى الخارج بواسطة مضخة الصوديوم - البوتاسيوم (Sodium-potassium pump)، وعلى هذا يجب أن يبقى تركيز أيونات الصوديوم داخل الخلية أقل منه خارجها، بينما يكون تركيز أيونات البوتاسيوم داخل الخلية أعلى منه في خارجها، ومع أن طبيعة أيونات البوتاسيوم تميل إلى الانتشار خارج الخلية، بينما تميل أيونات الصوديوم إلى الانتشار إلى داخلها فإنه يجب - لإعادة توزيع هذه الأيونات إلى الحالة الطبيعية - أن تضخ أيونات الصوديوم من باطن الخلية إلى خارجها وضخ أيونات البوتاسيوم من خارج الخلية إلى داخلها، ويلزم لذلك طاقة تأتي من تحلل جزيئات (ATP)، ويوضح شكل (١١) كيفية عمل هذه المضخة، والتي تعمل بواسطة مواقع بروتينية تنقل أيونات الصوديوم عبر الغشاء إلى خارج الخلية، وتسحب أيونات البوتاسيوم أثناء رجوعها إلى باطن الخلية؛ للمحافظة على التوزيع الطبيعي لهذه الأيونات، مؤدية إلى وجود فرق في الجهد الكهربائي على سطحي الغشاء.



الاتصال والتحكم داخل الجسم البشري

د. السيد محمود السيد سليمان

يتم الاتصال والتحكم داخل الجسم البشري عن طريق الجهاز العصبي (Nervous system) الذي يقوم بجمع المعلومات عن طريق حواس الجسم المختلفة، ومن ثم يحللها بهدف إعطاء الاستجابة الملائمة لاحتياجاته التي من أهمها المحافظة على الحياة.

ويمكن تقسيم الجهاز العصبي للإنسان إلى جزئين رئيسيين هما:

الجهاز العصبي المركزي ويتكون من المخ (Brain)، والحبل الشوكي (Spinal cord)، والأعصاب الطرفية (Peripheral nerves).

الجهاز العصبي اللاإرادي (Autonomic nervous system)، ويتحكم لا إرادياً في عمل الأعضاء الداخلية المختلفة مثل القلب والأمعاء والمعدة والجهاز الهضمي وغيرها من الأجهزة. وينقسم الجهاز العصبي اللاإرادي إلى قسمين هما الأعصاب السمبثاوية (sympathetic)، والباراسمبثاوية (parasympathetic)، وكلاهما يعمل ضد الآخر بحيث تكون النتيجة ثبات فاعلية عمل العضو تحت الظروف المختلفة. يقوم الجهاز العصبي اللاإرادي بالسيطرة على الغدد الصماء (Endocrine) وهي مجموعة من الغدد تفرز الهرمونات اللازمة لوظائف الجسم مباشرة في الدم، وبذلك تنظم العمليات الحيوية (الأيض والنمو والجنس وما إلى ذلك).

ويعتمد عمل الجهاز العصبي على النبضات الكهربائية العصبية التي تحدث نتيجة إثارة حواس الإنسان بواسطة المؤثرات البيئية المختلفة، وتنتقل هذه النبضات بسرعة تبلغ حوالي مائة متر لكل ثانية (100m/s) في الشبكات العصبية الحسية (sensory nervous net) إلى أن تصل إلى المخ فيقوم بتحليلها واتخاذ القرار المناسب حيالها. فمثلاً إذا كان القرار تحريك اليد فإن المخ يقوم بإرسال مجموعة مناسبة من النبضات العصبية التي تنتقل عبر شبكة عصبية حركية تسمى الشبكة العصبية الحركية (motor nervous net) تقوم هذه النبضات بإثارة العضلات المسؤولة عن تحريك اليد. وفي نفس الوقت تقوم أطراف الخلايا الحسية الموجودة في اليد بإمداد المخ بالنبضات الحسية التي تحتوي على الحركة وما إذا كانت ملائمة أو تحتاج إلى تعديل. وهو ما يطلق عليه في علم الإلكترونيات بالتغذية المرتجعة (Feed back)، وبذا يتم الاتصال والتحكم في الحركة. ويفسر هذا عدم تعثر الإنسان في مشيته عند مشيه في طريق تتخلله بعض الحفر الصغيرة، والتي لا ينتبه إليها، ففي هذه الحالة يقوم الجسم بحفظ توازنه بفضل نهايات الأعصاب الحسية الموجودة في الأرجل والتي تقوم بإعطاء المخ المعلومات الكافية عن السير، وبالتالي يقوم بحفظ التوازن في الوقت المناسب. ومن الأمثلة الأخرى أنه عندما يتحدث الإنسان فإنه في نفس الوقت يسمع الكلام الصادر منه وهذا يعطي المخ القدرة على المراقبة والتحكم في الكلام وهل كان الكلام واضحاً وبالشدة المطلوبة أم لا.

يستعرض هذا المقال ماهية النبضات الكهربائية العصبية؟ وكيف تتكون؟ وأسلوب سريانها خلال الخلايا العصبية وشبكاتها (المسارات العصبية neural path ways)، وتخزين المعلومات في المخ، ويستعرض المقال كذلك النشاط الكهربائي لبعض أعضاء الجسم وكيفية استخدامه في التشخيص الطبي.

النبضات الكهربائية العصبية

كان المصريون القدماء أول من لاحظ وجود الكهرباء داخل جسم الكائنات الحية وذلك منذ [illegible] عام قبل الميلاد حيث كانوا ينحتون صورته في صيد سمك القط (cat fish) بسبب الصدمات الكهربائية التي يحدثها عند صيده. كما اكتشف لاحقاً نوع من ثعابين سمك الإنقليس (eel fish) موجود في أمريكا الجنوبية يسبب كهرباء بها قوة دافعة تقدر بعدة مئات من الفولتات تكفي لصعق فريسة في حجم الحصان، وبذلك يستخدم هذه الكهرباء في الحصول على غذائه.

وقد بدأت الأبحاث التجريبية في الكهرباء داخل جسم الكائنات الحية بأعمال العالم الإيطالي جلفاني (Luigi Galvani) عام ١٧٨٦م، عندما لاحظ أنه عند تعليق ضفدعة من رجلها بخطاف من النحاس في حديد شرفته فإن رجلها تنقبض عند ملامسة جسمها بحديد. كان تفسير جلفاني لهذا الانقباض هو وجود كهرباء داخل جسم الضفدعة. إلا أن هذا التفسير تم تعديله بواسطة العالم فولتا (A. Volta) الذي أقر بوجود الكهرباء داخل جسم الضفدعة، إلا أن الانقباض الذي حدث كان ناتجاً عن أن كلا من الحديد والنحاس عملا وصلة أنتجت قوة دافعة كهربائية أثارت رجل الضفدعة، وبالتالي سببت الانقباض الذي حدث. توالت الأبحاث بعد ذلك إلى أن تم قياس النبضة الكهربائية في عضلة الضفدعة بواسطة العالم ماتيوس (Carlo Matteucci). وفي عام ١٨٨٧م قام العالم أوجست ولر (August Waller) بتسجيل أول رسم كهربائي للقلب. وتوالت الأبحاث بعد ذلك إلى الآن حيث تم تسجيل النشاط الكهربائي لأعضاء الجسم المختلفة بهدف استخدامها في التشخيص والعلاج.

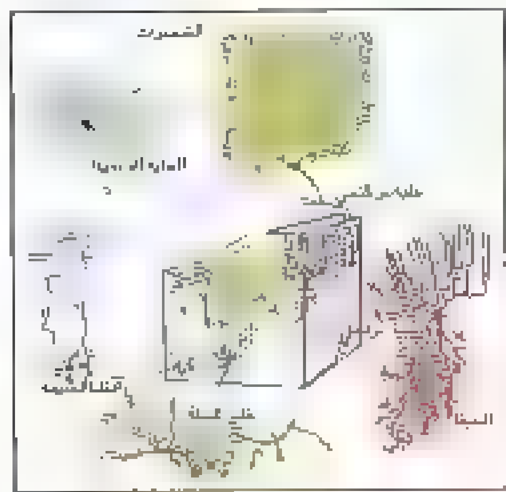
تنقسم الكهرباء داخل جسم الإنسان إلى قسمين هما: كهرباء ساكنة وكهرباء متحركة تنتقل من مكان إلى آخر عن طريق الألياف العصبية. ويمكن تسجيل الكهرباء المتحركة على سطح الجسم بسهولة من [illegible]. ومن أمثلة هذه الأنشطة تسجيل النشاط الكهربائي للقلب (Electrocardiogram ECG)، وتسجيل النشاط الكهربائي للمخ (Electroencephalogram EEG)، وتسجيل النشاط الكهربائي للعضلات (Electromyogram EMG) وتسجيل النشاط الكهربائي للعين (Electroretinogram ERG).

ينشأ عن النشاط الكهربائي للأعضاء نشاط مغناطيسي يسجل الآن في المختبر، ومن أمثلة ذلك تسجيل النشاط المغناطيسي للقلب (Magnetocardiogram MCG) والمخ (Magnetoencephalogram MEG).

● إنتاج النبضات

تعد الخلية العصبية (Nerve cell) في اللبنة الأساسية في الجهاز العصبي، فهي التي تقوم بإرسال واستقبال الرسائل الكهربائية (Electrical messages) وتحليلها. وتوجد عدة أنواع من الخلايا العصبية تختلف باختلاف وظيفتها. فمثلا من بين خلايا المخ - حوالي مائة بليون خلية - أمكن التعرف على خمسة أنواع من الخلايا العصبية كما هو مبين في الشكل (١). ويلاحظ أنه في جميع أنواع هذه الخلايا فإن جسمها يتصل بمجموعة هائلة من النهايات العصبية.

تتكون الخلية العصبية في شكلها البسيط، شكل (٢)، من جسم الخلية (cell body) الذي يستقبل النبضات العصبية عن طريق نهايات توصيل (contacts) تسمى نقاط الاتصال العصبي (synapses) والتي توجد إما على سطح الخلية أو على الشعيرات الطرفية (dendrites) التي تمتد خارج من الخلية العصبية، وتختص نقاط الاتصال بتلقي المعلومات من الخلايا المجاورة وذلك عن طريق مواد كيميائية تعمل على إثارتها. فإذا كانت الإثارة كافية فإن الخلية سوف تنتج نبضة كهربائية تسري إلى خارجها عن طريق الألياف العصبية المتصلة بها والمعروفة بالساق (Axon). ويختلف طول هذا الساق من خلية لأخرى فقد يصل إلى متر ويوجد في بعض الخلايا. وهو يعمل على حمل النبضات الكهربائية العصبية إلى الأنسجة والأعضاء المختلفة أو إلى خلايا عصبية أخرى عن طريق نقاط الاتصال.



● شكل (١): بعض الخلايا العصبية الموجودة في طبقة مختلفة من المخ وتفريعاتها

● شكل (٢): رسم تخطيطي لخلية عصبية حركية

● الجهد الساكن

تحتوي جميع الخلايا الحية الساكنة على كمية من الشحنات السالبة في جدارها الداخلي وأخرى موجبة على جدارها الخارجي. وهو ما يطلق عليه جهد الخلية (Membrane Potential) أو الجهد الساكن (resting Potential). وقد شهدت حقبة الثلاثينيات من القرن الماضي بداية تسجيل الجهد الساكن عن طريق إدخال أقطاب متناهية الصغر (microelectrodes) داخل الخلية، حيث يتم تسجيل هذا الجهد بمجرد اختراق تلك الأقطاب لجدار الخلية. ويسمى هذا الجهد أحياناً بجهد الغشاء (membrane potential). وقد اتضح لاحقاً أن هذا الجهد سببه الغشاء. يتكون نتيجة تراكم الشحنات حول غشاء الخلية الحية، ولكنه يختفي بموتها، وعليه فإن هذا الغشاء يلعب دوراً هاماً في نشأة هذا الجهد. وهو ناتج عن سببين رئيسيين هما:

١ - وجود الغشاء الخلوي شبه المنفذ (semipermeable) الذي يسمح بمرور بعض الأيونات ولا يسمح بمرور الأيونات الأخرى. وتعتمد نفاذيته على حالة الخلية.

٢ - اختلاف تركيز أيونات المواد المختلفة داخل الخلية الحية عن تركيز الأيونات الموجودة خارجها. وقد أثبتت الدراسات أن أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكلور وبعض الأيونات الأخرى، ولكن بدرجة أقل - مثل أيونات الكالسيوم - تلعب الدور الرئيسي في الجهود الحيوية. فعندما تكون الخلية في الحالة الساكنة يكون تركيز أيونات البوتاسيوم في الداخل أكبر بكثير من الخارج (بحوالي مائة مرة)، بينما يكون تركيز أيونات الصوديوم والكلور

وغيرها في الداخل أقل بكثير منها في الخارج. وأن كلاً من البوتاسيوم والكلور يوجدان في حالة اتزان يسمى اتزان دونان Donnan equilibrium وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$\frac{[K]_i}{[K]_o} = \frac{[Cl]_o}{[Cl]_i}$$

حيث $[K]$ و $[Cl]$ يرمزان إلى تركيز كل من البوتاسيوم (K) والكلور (Cl) داخل الخلية. أما $[K]_o$ و $[Cl]_o$ فيرمزان إلى تركيزهما في الخارج. وقد أثبتت التجارب العملية أن الجهد الساكن في كثير من الخلايا يتغير بتغير تركيز البوتاسيوم خارج الخلية، ويصل إلى الصفر عندما يتساوى كلاً من تركيز البوتاسيوم الخارجي والداخلي، وبهذا فإنه يمكن وصف هذا الجهد نظرياً باستخدام معادلة نرنست Nernst

$$E_k = \frac{RT}{F} \ln \frac{[K]_o}{[K]_i}$$

حيث R الثابت العام للغازات، T درجة الحرارة المطلقة، F ثابت فاراداي.

يضفي هذا الجهد فرق الغشاء خواص كهربائية أخرى مثل السعة الكهربائية والمقاومة لأنه يكون تقريباً من مواد عازلة معظمها عبارة عن دهون وجزيئات بروتينية. ومما يجدر ذكره أن غشاء الخلية يفقد جميع خواصه السابقة الذكر عند موت الخلية، وذلك لفقدانه صفة شبه النفاذية التي ترتبط بتركيبه والمعتمدة على فرق الجهد بين سطحي غشاء الخلية الخارجي والداخلي والذي بدوره يكوّن مجالاً كهربائياً كبيراً جداً. فمثلاً عند جهد ساكن مقداره ٠,٠٦ فولت، والغشاء سمكه ١٠ نانومتر تكون شدة المجال عشرة ملايين فولت لكل متر، حيث يعمل هذا المجال الكهربائي الهائل الشدة على المحافظة على تركيب الغشاء الذي يعتمد بدوره على النظام الحيوي للخلية.

● الجهد النشط

الجهد النشط (Action Potential) عبارة عن الجهد الناجم عن تحول الخلايا والأنسجة الحية من الحالة الساكنة إلى الحالة النشطة عن طريق إثارتها بأي مثير مناسب والذي يختلف باختلاف خلايا الجسم، وذلك كما يلي:

- المثير الكيميائي وتستقبله وتتأثر به خلايا الجلد وخلايا حاسة الشم وخلايا حاسة التذوق.
- المثير الميكانيكي وتتأثر به الخلايا السمعية ويؤدي إلى الإحساس بالسمع وبعض الخلايا الأخرى.
- المثير الضوئي وتتأثر به خلايا شبكية العين مما يؤدي إلى الإحساس بالرؤية.
- المثير الكهربائي وتتأثر به الأعصاب والعضلات.

وتستقبل المؤثرات المذكورة بالحواس المتخصصة المناسبة والموجودة في البيئة، فمثلاً لا يمكن لشخص الرؤية بدون وجود ضوء مرئي به شدة مناسبة لأنه هو المثير المناسب لخلايا شبكية العين، وبالمثل فإن الخلايا السمعية لا يمكن إثارتها بالضوء لأنها لا تثار إلا بالمثير الصوتي المناسب (له شدة مناسبة وتردد مناسب).

وقد أوضحت التجارب العملية أن المثير الكهربائي يعد أنسب هذه المثيرات، وذلك لسهولة التحكم في كل من شدته (Intensity) واستمراريته (Duration) وتدرجه (Frequency)، وكذلك لأن تأثيره يكون عكسياً. كما أن الجهد النشط الناتج من استخدام المثير الكهربائي المناسب يزول عند إزالة هذا المؤثر فترجع الخلية إلى وضعها السابق، وهذا ما يفسر سبب استخدام التيار الكهربائي بترددات مختلفة في العلاج وخاصة الأمراض الروماتيزمية.

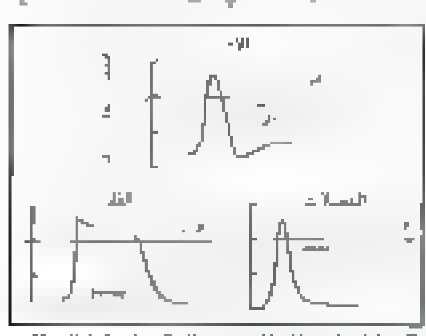
يتكون الجهد النشط إذا تعرضت الخلية للمثير المناسب والكافي لتحويل جهد الغشاء (لا يتغير بالنسبة للزمن) إلى جهد نشط أي جهد تتغير قيمته بالنسبة للزمن ويكون على هيئة نبضة (Impulse). ويتم تسجيله بإحدى الطريقتين:

(أ) طريقة التسجيل من الخارج (Extracellular recording) كالتي تستخدم في تسجيل النشاط الكهربائي للأعضاء المختلفة مثل القلب والمخ وغيره.

(ب) طريقة التسجيل من الداخل (Intracellular recording) بإدخال أقطاب متناهية الصغر يكون قطر طرفها أقل بكثير من قطر الخلية. وغالباً ما تستخدم أقطاب زجاجية ذات سن قطره يتراوح ما بين ٠,٥ إلى ١ ميكرون مملوءة بسائل موصل ذو تركيز كبير من كلوريد البوتاسيوم. وتمتاز هذه الطريقة عن الأولى بأنها تسمح بدراسة الجهد النشط لخلية واحدة، حيث تعد هذه الطريقة مناسبة لمعرفة تأثر الخلية بالمؤثرات المختلفة بعكس الطريقة الأولى التي تسجل من مجموعات من الخلايا. ولكي نفهم كيفية تكون الجهد النشط نستخدم طريقة التسجيل من الداخل فعندما يدخل سن القطب في السيتوبلازم عبر جدار الخلية فإنه يسجل جهد في حالة عدم وجود مثير مناسب، يظهر على شاشة جهاز التسجيل جهداً سالباً. وعند إثارة الخلية بمثير كهربائي مناسب فإن هذا الجهد يبدأ في التغير سريعاً إلى جهد موجب، ثم يرجع ثانياً إلى مستواه الأصلي بعد مدة معينة. ويبين الشكل (٢) الجهد النشط لخلايا الأعصاب والعضلات وعضلات القلب، ومنه نلاحظ أن الشكل العام واحد ولكن قيمة الجهد والاستمرارية تزيد في حالة العضلات عن الأعصاب، أما في حالة عضلة القلب فإن الاستمرارية تزيد حتى ٢٠٠ ملي ثانية. ولكي تقوم الخلية بإنتاج جهد نشط آخر يجب أن يمر زمن محدد يسمى زمن عدم الاستجابة (refractory period)، خلال هذا الزمن تقوم الخلية بإعادة تركيز الأيونات في الداخل والخارج إلى مستواها كما في الحالة الساكنة.

● أسباب تكون الجهد النشط

أجريت دراسات عديدة لمعرفة أسباب تكون الجهد النشط وكيفية تحول الخلية من حالة السكون، من أهمها دراسة العالمين هودجكن وهكسلي (Hodgkin & Huxley) عام ١٩٥٢، وذلك باستخدام تقنية تثبيت الجهد والنماذج الرياضية، التي حصلا بموجبها على جائزة نوبل. وتتلخص هذه الدراسة أنه عند إثارة الخلية بمثير مناسب فإن نفاذية (permeability) غشاء الخلية تتغير، وتبدأ في الزيادة بالنسبة لأيون الصوديوم الذي يتحرك من خارج الخلية ذات التركيز العالي إلى داخل الخلية، أي

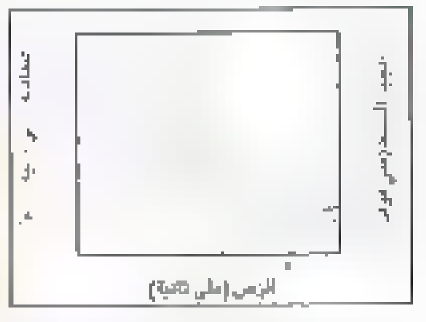


شكل (٢) الجهد النشط النموذجي لخلايا الأعصاب والعضلات والقلب.

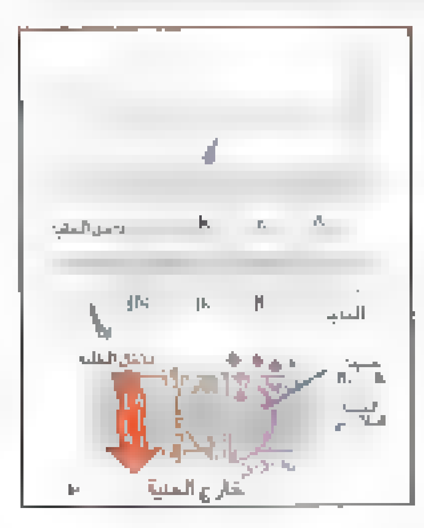
سبب التدرج في التركيز، وسرعان ما يزول جهد السكون، وبالتالي تزيد نفاذية الغشاء للصوديوم لمزيد من استمرار تحوله، وينعكس ذلك على صورة هبوط من الانخفاض في الجهد الساكن إلى أن يصل إلى الصفر ويتعداه إلى قيم موجبة. عند هذا الحد تتكون في الغشاء عمليات تسمى عمليات الإخماد (inactivation) تتكون من نتيجتها وقف النفاذية بالنسبة لأيون الصوديوم وبداية زيادتها بالنسبة لأيون البوتاسيوم، كما هو موضح في الشكل (٤). في هذا الوقت يبدأ أيون البوتاسيوم في الخروج من داخل الخلية - حيث تركيزه كبير - إلى خارج الخلية تبعاً للتدرج في التركيز. ويستمر خروج البوتاسيوم إلى أن تستعيد الخلية جهدها الساكن مرة ثانية. ويلاحظ أنه بعد حدوث الجهد النشط فإن تركيز أيونات الصوديوم داخل الخلية تكون أعلى من المعتاد مع نقص في تركيز أيونات البوتاسيوم. وفي هذه الحالة فإن الخلية تكون غير قادرة على إنتاج جهد نشط آخر أو نبضة كهربائية إلا إذا عاد التركيز الأيوني داخلها كالمعتاد. ويتم ذلك بطرد أيون الصوديوم وإدخال أيون البوتاسيوم في عملية تسمى مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (Na-K pump). وتحتاج هذه العملية إلى طاقة - بعكس عملية تكون الجهد النشط - تستمد من تفكك مركبات الفوسفات (ATP)، كما تحتاج أيضاً إلى زمن، وذلك كما هو موضح في الشكل (٥).

آلية انتقال النبضات

يمكن للشعيرات العصبية نقل النبضة الكهربائية إلى غيرها من الخلايا عن طريق نقاط الاتصال التي تسمى



● شكل (٥) تغير نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم أثناء الجهد النشط



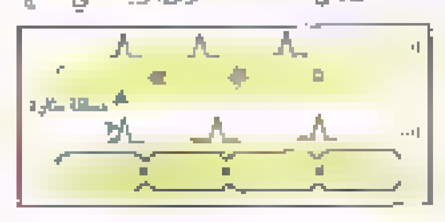
● شكل (٤) كيفية عمل مضخة الصوديوم بوتاسيوم خلال الغشاء عكس تركيز الأيونات داخل الخلية وخارجها

بمروره فقط في اتجاه واحد. وتعتمد سرعة توصيل النبضة الكهربائية العصبية على نوع العصب، قطره، وخواصه الكهربائية (المقاومة والسعة). ومن المعلوم أن الأعصاب تنقسم إلى نوعين هما:

● العصب المغطى (myelinated nerve)، ويتميز بأن غشاء محاط بـ (myelin) يغطي المحور، سمك بعض الشيء، ويمتد على مسافات متساوية بحيث تجزأ عبر مقاطع يطلق عليها عقد رانفير (nodes of Ranvier) نسبة لمكتشفها. ويوجد هذا النوع من الأعصاب في الثدييات والإنسان، ولكنه لا يوجد في الكائنات ذات الحركة البطيئة مثل القواقع والديدان.

● العصب غير المغطى (unmyelinated nerve) وهو عبارة عن عصب مغطى بغشاء رقيق متصل، يوجد في الإنسان في الأماكن التي لا تحتاج إلى دقة أو تحكم عالي مثل حركة الأمعاء.

يوضح الشكل (٦) كيفية مرور النبضة العصبية خلال كل نوع من الأعصاب. ففي حالة العصب غير المغطى فإن النبضة تنتقل من مكان إلى آخر عن طريق التنبيه المتتابع، أي أن النبضة في منطقة معينة تعد مثيراً كافياً للانتقال إلى المنطقة الأخرى، وبالتالي تنتج



● شكل (٦) مرور النبضات الكهربائية (الجهد النشط) في العصب غير مغطى (أ) والمغطى (ب).

نبضة عصبية مشابهة تماماً للأولى. بهذه الطريقة يمكنها قطع مسافات كبيرة دون أن يحدث بها أي تغيير في خواصها. ولا يحدث هذا بالطبع في حالة مرور نبضة كهربائية خلال موصل (سلك كهربائي)، إذ تتغير خواصها وتقل قيمتها بعد قطعها مسافة معينة نتيجة مقاومة الموصل، ومن ثم نحتاج إلى تكبير لأن طريقة الانتقال مختلفة في الحالتين. ولو تمكن الإنسان تقليد هذه الطريقة في التوصيل لأمكنه توفير كميات هائلة من الطاقة.

وفي حالة العصب المغطى (الشكل ٦ ب) فإن النبضة العصبية تتكون عند العقد لأنها أكثر الأماكن حساسية للإثارة، حيث يتم إثارة العقدة التالية والتي بدورها تنتج نبضة عصبية أخرى، أي أن النبضات عند سريانها تقفز من عقدة إلى أخرى، ولهذا فإن ميكانيكية سريان النبضات في هذه الحالة تسمى ميكانيكية القفز (Saltatory Mechanism). وتعد سرعة سريان النبضات في العصب المغطى أكبر بكثير من سريانها في الأعصاب غير المغطاة ذات القطر الواحد. وللمقارنة بين نوعي الأعصاب يجدر أن سرعة مرور النبضة في عشرة آلاف شعيرة عصبية (nerve fiber) ذات الغشاء المغطى والتي يبلغ قطر كل منها ١ ميكرون ومساحة مقطعها من ١ إلى ٢ مم٢ تماثل سرعة مرورها في نفس العدد من الشعيرات العصبية ذات الغشاء غير المغطى بمساحة مقطع يبلغ ١ سم٢ لكل شعيرة، أي أن مساحة المقطع يجب أن تزيد بمقدار عشرة آلاف مرة عن حالة الغشاء المغطى عليه. فإن وجود الأعصاب ذات الغشاء المغطى في جسم الإنسان ليس الغرض منه إعطاء سرعة عالية لمرور النبضات العصبية فحسب، بل أنه في نفس الوقت يشغل حيزاً أقل، وبذلك تكون هناك أقصى استفادة. فلو تخيلنا جدلاً أن الإنسان بسرعته ووظائفه الحالية كانت أعصابه جميعها من النوع غير المغطى لتحتم زيادة في حجمه ووزنه نتيجة لزيادة أقطار أعصابه، وهذا بالتالي يقلل الحركة ويزيد من استهلاك الطاقة، فسبحان الله الذي أتقن وصور.

الموصلات الكهربائية

ترتبط الخلايا العصبية مع بعضها البعض إما عن طريق ارتباط نهايات السوق (axon) بعضها مع بعض، أو مع الشجيرات أو الشجيرات بعضها مع بعض، أو من كلا



■ شكل (٧) الطريقة المستخدمة لتوصيل النبضات من نهاية الساق عبر نقطة الاتصال إلى شجيرات الخلية الأخرى.

من السوق والشجيرات تتصل بجسم الخلية. وتتم جميع هذه الاتصالات عن طريق نقاط التوصيل (Synapses) التي تقوم بتوصيل الجهد النشط (النبضة الكهربائية) من مكان إلى آخر ولا تسمح له بالمرور في الاتجاه المضاد. كذلك تتم طريقة عمل نقاط التوصيل إما عن طريق موصلات كيميائية أو موصلات كهربائية.

يعتمد التوصيل عن طريق الموصلات الكيميائية شكل (٧)، على الإثارة التي يحدثها السائل الموصل (Transmitter) بسطح المستقبل على الشجيرات العصبية، ويتم ذلك بواسطة نقاط التوصيل والتي هي عبارة عن فقد يفصل بينها وبين نهاية الساق فجوة الاتصال يبلغ سمكها واحد ميكرون من سطح مستقبل على شجيرة نهاية الساق مسمى قبل نقطة التوصيل (Presynaptic)، وتحتوي على فقاقيع تحمل السائل الموصل. فعند وصول الجهد النشط إلى نهاية الساق فإن الفقاقيع المحتوية على السائل الموصل - أشهر أنواعه الأستيل كولين - تنتشر وتتفجر خلال فجوة نقطة الاتصال في زمن أقل من جزء من الألف من الثانية مما يؤدي بإثارة السطح المستقبل على الشجيرة مسبباً جهد نشط مماثل للأول في نفس الزمن تتكسر مادة الأستيل كولين الموجودة في الفجوة وتختفي، وذلك بفعل إنزيم الأستيل كولين استريز (acetylcholinesterase) وبذلك يتوقف مرور أي جهد من الشجيرة الأخرى وفي نفس الوقت تُعد الشجيرة لاستقبال جهد نشط آخر. وبعض نقاط الاتصال هذه فإن مرور النبضات الكهربائية العصبية يكون إما صاعداً إلى المخ كما في حالة الإشارات الحسية، أو هابطاً كما في حالة الإشارات الحركية.

بالإضافة إلى مادة الأستيل كولين أمكن أخيراً التعرف على موصلات كيميائية أخرى منها موصلات جاما أمينوبيوتريت (aminobutyrate) وأسبرتيت (aspartate) ودوبامين (dopamine) وإبينفرين (epinephrine) وجلوتاميت (glutamate) وجليسين (glycine) والهستامين (histamine) ونورإبينفرين (norepinephrine) وسيروتونين (serotonin) وغيرها، وهذه بحوث من جانب آخر وجد أن أي خلل في دور الموصلات المذكورة يسبب أمراضاً نفسية وأمراضاً تتعلق بالذاكرة. وتلعب الموصلات سابقة الذكر دوراً هاماً في حفظ المعلومات في المخ عن طريق تغيير مسارات الشبكات العصبية الهائلة الموجودة في المخ بطرق لا يسمح هنا مجال لذكرها. ويمكن تسجيل النشاط الكهربائي الهائل لخلايا المخ - كثيرة العدد - بواسطة رسم ذبذبات المخ (Electroencephalogram-EEG)، شكل (٨) باستخدام أقطاب توضع في أماكن محددة على المخ كما هو موضح في شكل (٩)، وتعد قيم الجهود المسجلة قليلة - في حدود ٥٠ ميكروفولت - وهذا يستلزم وجود أجهزة تسجيل متناهية الدقة، كذلك يعتمد تردد هذه الموجات على الحالة الذهنية للشخص تحت الاختبار. فمثلاً عندما يكون الشخص في حالة راحة فإن الموجات المصاحبة تكون في حدود ٨ إلى ١٢ هيرتز (Hz)، وتسمى موجات ألفا (alpha waves). أما إذا كان منتبهاً تكون الموجات أكثر تردداً أكثر من ١٣ هيرتز (Hz) وتسمى موجات بيتا (beta waves).

توجد أيضاً موجات ذات ترددات أقل وتظهر في الحالات المرضية مثل موجات ثيتا (٤ إلى ٧ هيرتز)، موجات دلتا (٥, إلى ٣,٥ هيرتز)، كما أن استعمال



■ شكل (٩) الأماكن العالمية لأماكن وضع ١٠ - ٢٠ نظام للأقطاب المستخدمة في تسجيل رسم ذبذبات المخ (EEG).

■ شكل (٨) رسم ذبذبات المخ بالأقطاب موضوعة في مسافات معينة من القطب المرجعي موضوع على الأذن A1 أو A2

الذبذبات المسجلة بواسطة جهاز (EEG) يعد دليلاً حاسماً على الوفاة الدماغية خاصة في الحالات الحرجة عندما يكون المريض في غرفة العناية المركزة حيث يعتمد على الحياة بفعل المغذية والتنفس الصناعي.

كذلك يمكن تسجيل النشاط الكهربائي للأعضاء المختلفة للجسم مثل العضلات والشبكية للعين والقلب، وذلك بغرض التشخيص والعلاج.

الخلاصة

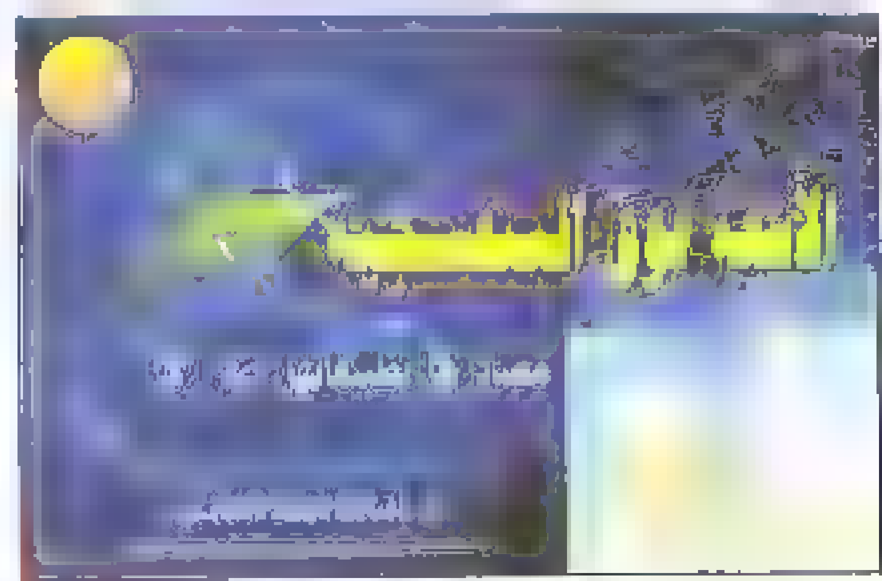
يتم الاتصال والتحكم في الجسم بواسطة طرق معقدة جداً عن طريق عمل الأعضاء المختلفة وبرقابة وإدارة المخ عن طريق المعلومات التي تصل إليه وتصدر منه بواسطة النبضات الكهربائية العصبية ذات الاتجاه الواحد. كما أن هذه النبضات مسؤولة عن حفظ المعلومات في طبقات المخ المختلفة. وبعد الهائل وتفرعاتها وقد قلد الإنسان هذه الطريقة في عمل الحواسيب السريعة (super computers) بتطوير ذاكرتها بحيث تعمل بطريقة الخلايا متوازية.

المراجع :

1) Cameron J. R. Skofronick J. G. Medical Physics. John Wiley & Sons 1978).

(2) De Callatay A. M. Natural and artificial intelligence processor systems compared to the human brain. Elsevier science Pub. 1986.

(4) Rose S. The making of memory (from molecules to mind). Bantam Book 1993



يعد الشمس مصدراً طبيعياً رئيساً للأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet Radiation-UV) التي يمكن تقسيمها حسب نطاقات أطوالها الموجية إلى: أشعة (UVA) ذات الطول الموجي ٤٠٠ إلى ٣١٥ نانومتر (النانومتر جزء من البليون من المتر)، وأشعة (UVB) ذات الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٨٠ نانومتر، وأشعة (UVC) ذات الطول الموجي ٢٨٠ إلى ١٠٠ نانومتر. وتعد نطاقات الأشعة فوق البنفسجية ضيقة مقارنة بنطاقات الأشعة تحت الحمراء (Infra Red-IR) التي تمتد من الأطوال الموجية واحد مليمتر حتى ٧٦٠ نانومتر.

إضافة لذلك توجد مصادر صناعية مختلفة لإنتاج أشعة (UV) والتي لها تطبيقات واسعة من حيث آثارها وفوائدها وأضرارها. وقد تم إعداد دراسات متعددة في هذه المجالات تخص بحوث فيزياء الأشعة فوق البنفسجية في قطاعات الصحة والبيئة والصناعة والزراعة.

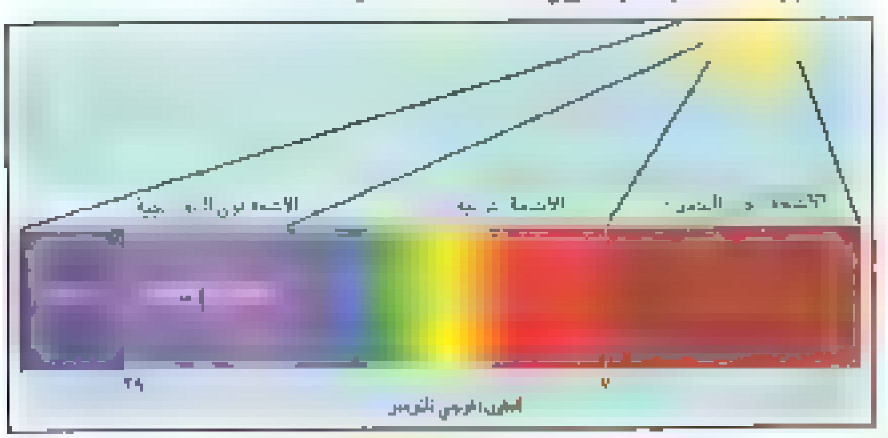
يزداد معدل التعرض لأشعة (UV) خاصة بالقرب من المناطق الاستوائية للأرض، أي بتناقص خطوط العرض على الكرة الأرضية. إضافة لذلك فإن تقلص سمك طبقة غاز الأوزون (O_3) الجوي التي تحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية سوف يؤدي إلى زيادة الكمية الساقطة منها على الأرض، حيث تشير الحسابات والتوقعات الأولية أن ازدياد النشاط الصناعي والزراعي سيؤدي إلى تدمير أكثر من ٤٠٪ من طبقة الأوزون في عام ٢٠٧٥م، إذا لم تتخذ الإجراءات والقيود الوقائية، ويعني ذلك أن كل نقص في طبقة الأوزون بمقدار ١٪ سيرافقه ازدياد في مستوى أو شدة أشعة (UV) التي تخترق الغلاف الجوي بما يعادل ٢٪، وهذا بدوره سيؤدي إلى ازدياد معدلات الإصابة بأمراض خبيثة -كسرطان الجلد مثلاً- وإلى كوارث بيئية شديدة في كافة أنحاء العالم. يوضح الشكل (١) التغيرات المسجلة لتركيز طبقة الأوزون وتوزيعها، حيث يلاحظ انخفاض سمكها بالقرب من منطقة القطب الجنوبي للأرض. هذا وقد أكدت دراسات علوم الطقس والرصد الجوي مؤخراً أن درجة حرارة الأرض تزداد تدريجياً بسبب التغيرات البنيوية للغلاف الجوي، فقد ارتفعت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بمعدل ٢٠٪ ووصلت نسبة الميثان وأكسيد النيتروجين إلى ١٥٪. ولاشك أن هذه التغيرات النوعية ستؤدي -كما هو معلوم- إلى ظاهرة الانحباس الحراري، تراكم الحرارة أو الأشعة تحت الحمراء (IR) داخل الغلاف الجوي، والتي بدأت تتفاقم عالمياً على كافة المستويات السياسية والبيئية والعلمية.

مصادر الأشعة فوق البنفسجية

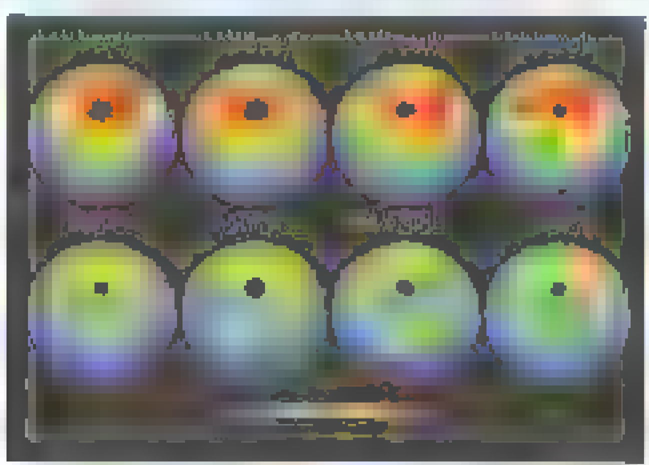
تأتي الأشعة فوق البنفسجية -أساساً- من مصدرين أساسيين هما:

● المصادر الطبيعية

تتولد الأشعة فوق البنفسجية من مصادر طبيعية كالشمس والبرق والنجوم وغيرها، وتعد الشمس المصدر الأساسي لأشعة (UV) الموجودة في الطبيعة، ونتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الشمس وكبر حجمها -مقارنة بالأرض- فإن أشعة (UV) تمتد على نطاق موجي عريض نسبياً، كما أن شدتها تعد مرتفعة مقارنة مع بقية أجزاء الطيف من الأشعة الكهرومغناطيسية. وعند اقتراب أشعة UV الشمسية من الأرض فإنها تمتص وتنتشر بواسطة غازي الأكسجين (O_2) والأوزون (O_3) حيث تمتص طبقة الأكسجين لوحدها أكثر من ٩٪ من الطاقة الإجمالية لأشعة (UV) في نطاق الطول الموجي ٣١٥ إلى ٢٩٠ نانومتر لتمنعها من الوصول إلى الأرض مما يؤدي إلى حمايتها. ويوضح الجدول (١) التوزيع الطيفي لشدة الإشعاع الشمسي الكهرومغناطيسي ونطاقاته الموجية -أطواله- قبل دخوله طبقة الغلاف الجوي لسطح الأرض.



● جزء من الطيف الكهرومغناطيسي يظهر الأشعة المرئية وتحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية



■ شكل (١) مراقبة طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي من عام [illegible]م إلى [illegible]م

■ شكل (٢) توزيع الأشعة فوق البنفسجية بمنطقة محددة عام ١٩٩١م.

وتؤثر طبقة الغلاف الجوي بصورة كبيرة على تغير شدة الإشعاع الشمسي، وبالتالي على شدة الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض. ففي فصل الشتاء (كانون الثاني - يناير) في نصف الكرة الشمالي للأرض و(تموز - يوليو) في نصف الكرة الجنوبي للأرض، تكون الشمس منخفضة ومائلة، لذلك فإن أشعة (UV) تعبر مسافة أطول خلال الغلاف الجوي وبالتالي يحدث لها انتشار أكبر في مختلف الاتجاهات. أما في فصل الصيف فإن شدة أشعة (UVA) المباشرة تكون أكبر من شدة أشعة (UV) غير المباشرة بسبب قلة الغيوم والدخان وغيرها من العوامل الجوية. وهناك عوامل عدة تؤثر على شدة الأشعة فوق البنفسجية أهمها:

١- طول الموجة

٢- زاوية السقوط (خط العرض، اليوم، الساعة)

٣- طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يصل إلى طبقة الغلاف الجوي.

[illegible]	[illegible]	[illegible]
UVC	٦	٥
UVB	٢	٥
UVA	٨٥.٧	٦.٣
المجموع	[illegible]	٨.٣
الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء IR	٣٥	[illegible]

■ جدول (١): شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي الشمسي وتوزيعه الطيفي

٤- سمك طبقة الأوزون

٥- امتصاص وانتشار الجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي وبالقرب من سطح الأرض

٦- الغيوم وأنواعها

٧- الارتفاع عن سطح البحر

٨- التلوث والغبار الجوي وبخار الماء

يوضح الشكل (٢) توزيع أشعة (UV) المسجلة عند توقيت محدد في منطقة محددة على سطح الأرض في عام ١٩٩١م.

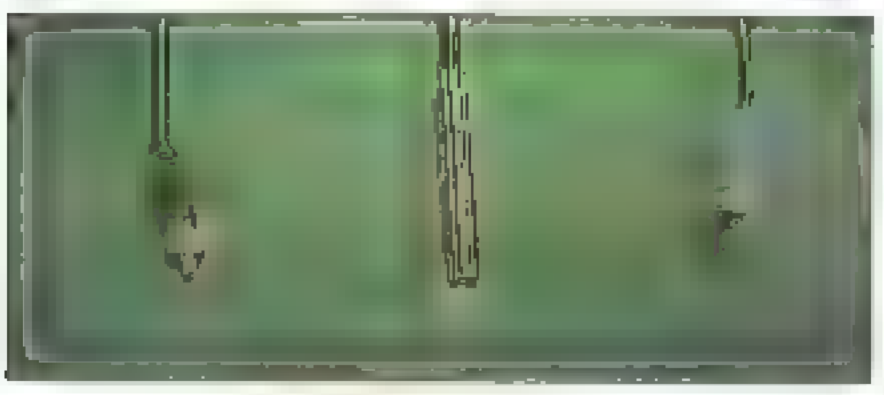
● المصادر الصناعية

تصنف مصادر أشعة (UV) الصناعية بصورة عامة حسب طبيعة المواد المستخدمة وطريقة تشغيل الأجهزة والكواشف الإشعاعية، وفي كل الأحوال فإن تغير أو اضطراب داخل المادة يؤدي إلى انتقال الإشعاع الساقط إلى مستويات طاقة أدنى أو أعلى، وبذلك يسبب انتقال الإلكترونات من وإلى الجزيئات المشحونة في المادة حسب نوع الإصدار الإشعاعي عن طريق انطلاق الفوتونات بتردد معين

وعلى هذا الأساس تتنوع المصادر الإشعاعية الاصطناعية لأشعة (UV) على النحو الآتي:

● مصادر حرارية: أي عند تسخين مادة ما إلى درجة حرارة تفوق ٢٥٠٠ كلفن، فإن الإصدار الإشعاعي يحدث عند أطوال موجية توافق أشعة (UV) حسب قانون ستيفان، وعلى هذا فإن لون المادة التي يتم تسخينها سيتغير في هذه الحالة من الأحمر إلى الأبيض أو الأزرق، ومن أهم هذه المصادر مصابيح التنجستن.

● مصادر التفريغ الكهربائي الغازية: حيث يحدث إصدار أشعة (UV) في هذه الآلية عن طريق مرور التيار الكهربائي خلال غاز أو بخار تحت ضغط منخفض، فيحدث تأين سريع للغاز ويستثار حتى ترتفع الطاقة الإجمالية للإلكترونات إلى مستوياتها العليا، وعند عودة هذه الإلكترونات مجددا إلى مستويات الطاقة الأساسية (المنخفضة) فإنها تصدر إشعاعا أو فوتونات بعدة أطوال موجية



■ مصادر صناعية للأشعة فوق البنفسجية

محلي حسب نوع الغاز المستخدم. ومن مصادر الأشعة فوق البنفسجية المعتمدة على مبدأ التفريغ الكهربائي: التفريغ الزئبقي، أو الزينوني، أو الهيدروجيني، أو الكربوني وغيرها.

كذلك فإن مصابيح الفلورسنت المشهورة تعتمد على مبدأ مصابيح التفريغ الكهربائي القوسي كمصدر أشعة فوق بنفسجية.

● المنابع الليزرية: ويمكنها إصدار أشعة (UV) اعتماداً على مبدأ توليد الليزر وضخه، لاستخدامها في التعرض الإشعاعي والمعالجة الإشعاعية (UV Radiation Exposure).

وهناك عدد من منابع أشعة (UV) الاصطناعية المتوفرة تجارياً، والتي تزيد شدتها الإشعاعية عن شدة أشعة (UV) الشمسية. كما أن هنالك منابع أخرى لأشعة (UV) تستخدم في الصناعة، ويحاط فيها النوع عادة بوسائل حماية وضوابط محددة حتى لا تحدث مخاطر كبيرة للمتعاملين معها. ويوضح الشكلان (٣)، (٤) مثالاً نموذجياً لمنبع ليزري يصدر أشعة (UV) مع طيف الإصدار الخاص به، والتي تعرف تجارياً تحت مسمى مصابيح الليزر. كما يوضح الجدول (٢) القدرة الإشعاعية النموذجية لمصادر أشعة (UV) الصناعية تحت درجة حرارة مختلفة. أما الجدول (٣) فيوضح المواصفات الفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) الاصطناعية التجارية.

الأشعة فوق البنفسجية والبيئة

نظراً للتغيرات البيئية الملحوظة فقد ازداد اهتمام المراكز البحثية بأهمية تسجيل وقياس أشعة (UV) ومراقبتها، فعلى سبيل المثال يبلغ عدد مراكز رصد هذه الأشعة حوالي خمسة مواقع في بداية الثمانينات [illegible] بينما وصل حالياً إلى أكثر من ٢٥ مركز رصد موزعة في مختلف أرجاء العالم، هذا وقد أخذت عدة جهات حكومية ومعاهد علمية وجمعيات وبعض الهيئات الأهلية على عاتقها التسجيل المستمر لبيانات أشعة (UV) من أجل إنشاء قاعدة معلومات على المدى البعيد.

والمثال على ذلك بناء شبكة دولية من خلال منظمة الأرصاد العالمية (WMO) تقوم بتجميع وتحليل أشعة (UV) للاستفادة من هذه الشبكة في عدة أوجه على المستوى العالمي منها ما يلي:

توفير المعلومات إلى السكان من خلال تحديد تغيرات مستوى أشعة (UV) بصورة آنية ويومية وشهرية وسنوية.

إيجاد العلاقة بين أشعة (UV) وتغيرات الطقس.

دراسة انتقال أشعة (UV) عبر الغلاف الجوي ومراقبة طبقة الأوزون.

دراسة وتجميع تغيرات مستوى أشعة (UV) خلال فترات زمنية تصل إلى خمسين سنة.

هذا وقد قام قسم الفيزياء بكلية العلوم بجامعة الملك سعود بالرياض بنشر بحوث عدة تتعلق بتحليل بيانات مستويات الأشعة (UV) في منطقة الرياض، حيث تمت دراسة تأثيراتها على إنتاج فيتامين (D) عند الأطفال والنساء، كما تم مؤخراً إعداد نموذج رياضي تحليلي يربط مستوى الأشعة فوق البنفسجية (UV) مع مستوى الأشعة تحت الحمراء (IR) بمنطقة الرياض، وما يزال العمل جارياً في تطوير هذه البحوث نظراً لأهميتها وارتباطها المباشر

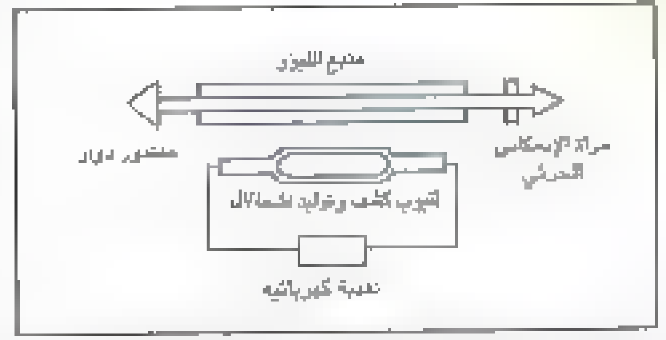
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
=	٥٨٦	[illegible]	٣٧
١	٨٧,٤	٤٧,٩	٣
٢٥	٧٩	٣	٦٢
٣	٧١	٩	[illegible]
٣٥	[illegible]	٩٢٢	٩٥
٤	[illegible]	٨٩,٤	٨٢
٦	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	٩	٢	[illegible]

● الطول الموجي (نانومتر)

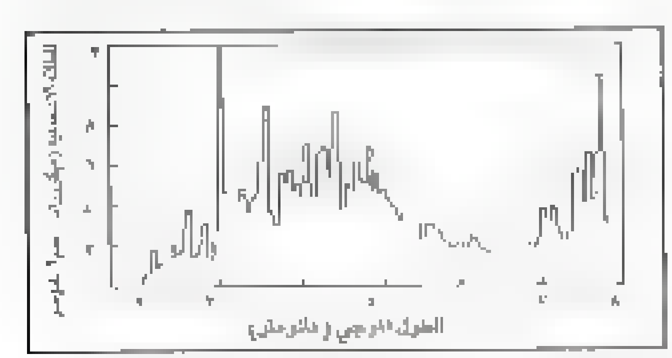
● جدول (٢): القدرة الإشعاعية لمنابع أشعة (UV) حسب درجات الحرارة

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
القدرة الاسمية (واط)	٧	٦٤	٣	[illegible]
الطول الكلي (سم)	٨٥	٦	٣٥	٢
الجهد المتردد (AC)	٧٥	[illegible]	٤	[illegible]
جهد التشغيل (AC)	٤	[illegible]	٢	٩
تيار التشغيل A	٥	٥	٦	٤
أشعة UV (٢٥٣,٧ نانومتر)	[illegible]	٢	٢	٣

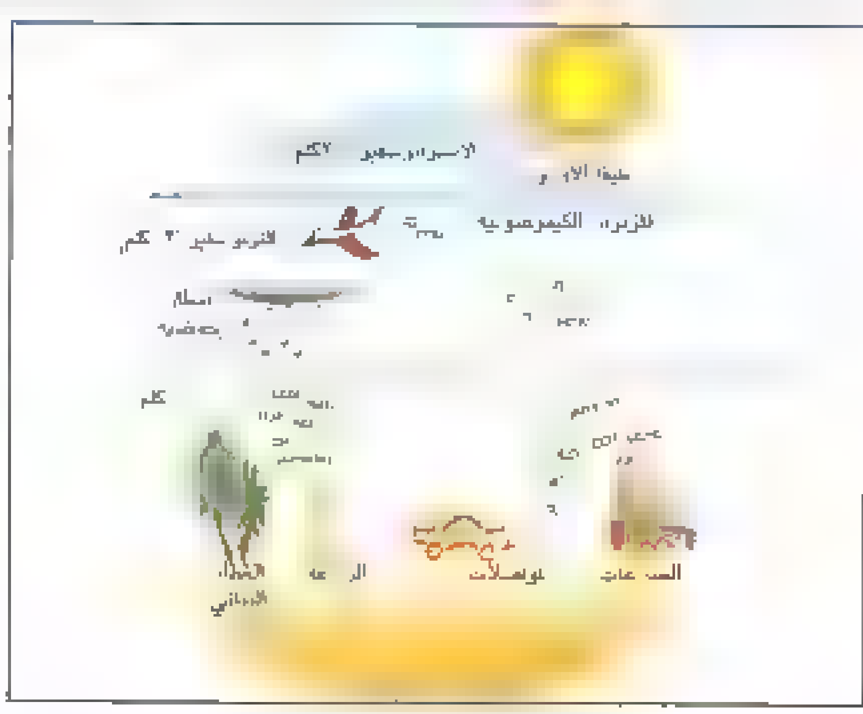
● جدول (٣): مميزات الكهربائية والفنية لبعض مصابيح أشعة (UV) التجارية



● شكل (٣) مثال نموذجي لمنبع الليزر الخاص بتوليد الأشعة فوق البنفسجية



● شكل (٤) طيف الإشعاع الصادر من منبع الليزر لإنتاج الأشعة فوق البنفسجية



● العوامل المسببة والمؤثرة على طبقة الأوزون

بالوضع البيئي العام للمنطقة الرياض. وفي هذا السياق يجب التنويه إلى أهمية تسجيل بيانات الأشعة فوق البنفسجية ومراقبتها بشكل مستمر من خلال محطات الرصد والقياس الجوية المنتشرة في المملكة.

أجهزة قياس أشعة (ف ب)

عند عبور أشعة (UV) الغلاف الجوي فإنها تواجه عدة عوامل - تختلف باختلاف الوسط الذي تمر فيه - أهمها الامتصاص والانتشار والانعكاس والانكسار والحيود حيث تحدث تبادلات وتفاعلات بينها وبين تلك الأوساط أو المواد من خلال تغيير اتجاهها وشدتها حسب أطوالها الموجية وتشبه عملية تبادل الطاقة بين أشعة (ف ب) والوسط الذي مع تبادلها في بنية الجوامد (الجسم الصلب) أو أشباه الموصلات لذا كان لابد من تطوير أجهزة خاصة لكشف وقياس أشعة (ف ب) تعتمد على تقنيات مختلفة أهمها:

- أجهزة القياس الإشعاعي الراديومترات (Radiometers).
- أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers).
- أجهزة قياس الجرعة الإشعاعية (Dosimeters).

ويعتمد مبدأ القياس في معظم التقنيات السابقة على تحويل الإشعاع الساقط إلى إشارة كهربائية بواسطة الكواشف الإشعاعية (أدوات إلكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات)، حيث يتم التحليل والمعالجة والقياس لحظياً أو خلال فترة زمنية محددة، ومن أهم الكواشف المعروفة في التقاط وتسجيل أشعة (ف ب) ما يلي:

1. الثنائيات الضوئية: ويعتمد معظمها على مواد السيليكون ويبلغ تجاوبها الطيفي بين ٢٠٠ إلى ١١٠٠ نانومتر.
2. الجاليوم - زرنيخ - فوسفور (GAsP)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين ٣٦٠ إلى ٧٠٠ نانومتر.
3. الجاليوم فوسفور (GaP)، ويبلغ تجاوبه الطيفي بين الأطوال ٢٠٠ إلى ٥٥٠ نانومتر.

إضافة لذلك هنالك الكواشف الكيميائية الحساسة والبوليمرية المعروفة تحت مسمى (CR-39) والتي تتحسس وتلتقط بسهولة الإشعاع الساقط. إضافة إلى الكواشف الحيوية التي تستخدم تطبيقات أشعة (UV) في النظم البيولوجية المختلفة.

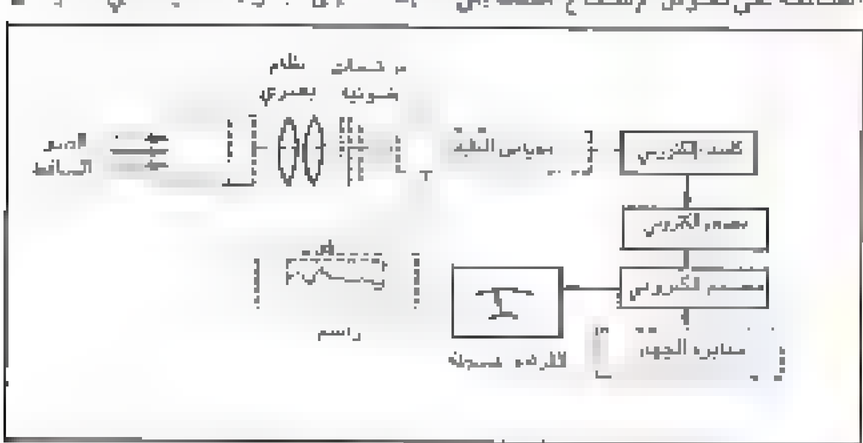
الجدير بالذكر أن معظم الأجهزة والكواشف السابقة تحتاج إلى معايرة دورية بين فترة وأخرى، وهنا يتطلب إجراءات قياسية يجب إتباعها قبل إعادة الأجهزة إلى طور التشغيل مرة أخرى، ويوضح الشكل (٥) نموذجاً مبسطاً لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية.

تطبيقات الأشعة فوق البنفسجية

تستخدم الأشعة فوق البنفسجية إضافة إلى البحوث العلمية - في العديد من



● أجهزة قياس الطيف الإشعاعي (Spectroradiometers)



● شكل (٥) نموذج مبسط لإحدى طرق تسجيل الأشعة فوق البنفسجية



● الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية على الجلد

التطبيقات الصناعية، ومن أهمها ما يلي:

١ - المعالجة الضوئية في الصناعة باستخدام مصابيح أشعة (UV) من رقيقة كيبووات] تحت الضغوط المرتفعة خاصة في الصناعة الإلكترونية الدقيقة مثل تصنيع شرائح السيليكون والدوائر المتكاملة الصغيرة.

٢ - التعقيم الطبي الجرثومي باستخدام مصدر من مصادر أشعة (UVC) عند الأطوال الموجية من ٢٦٥ إلى ٢٦٠ نانومتر - مثل مصابيح الزئبق تحت الضغط المنخفض - لقتل البكتيريا والجراثيم.

٣ - اللحام الغازي والكهربائي القوسي باستعمال تيار شعاع (UVA) تبلغ شدته حوالي ٤٠ إلى ١٥٠ أمبير للحصول على قدرة إشعاعية تتراوح ما بين ٧ إلى ٢ وات/م٢.

٤ - أجهزة اسمرار الجلد وتعقيمه باستخدام مصابيح أو منابع على هيئة فلورسانت (UVA) مع مرشحاتها عند ضغط منخفض.

٥ - كشف المزور في المستندات الرسمية باستخدام مصابيح أو منابع (UVA) الفلورسنت (أصفر أو بنفسجي).

٦ - أجهزة التخلص من الحشرات باستخدام مصابيح (UVA) عند طول موجي يبلغ ٣٥٠ نانومتر.

٧ - تطبيقات أخرى في الطب البشري وطب الأسنان.

الأضرار

بالرغم من التطبيقات الواسعة لمصادر الأشعة فوق البنفسجية الصناعية سواء كان في الطب أو الصناعة أو البحث العلمي والتعليم إلا أنها لا تخلو من وجود بعض الأضرار الصحية التي يجب التنبيه إليها. ومن أهم أجزاء الإنسان والحيوان التي يمكن أن تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية ما يلي:

١ - النظرة وجلد الإنسان.

٢ - أنسجة الخلايا الداخلية للإنسان خاصة سلاسل الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) والحموض الأمينية وغيرها، حيث يلاحظ النشاط الزائد والسريع للخلايا الجينية والفيروسية عند التعرض لأشعة (UV) خاصة النوعين (UVB)، (UVC)، حيث تؤدي في النهاية إلى أمراض وبائية كسرطان الجلد.

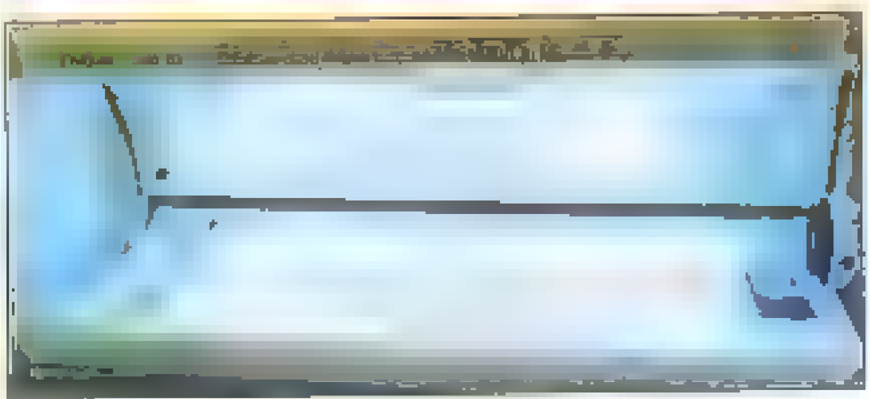
٣ - خلايا الحيوانات حيث أنها تتأثر بصفة خاصة بأشعة (UVB).

تقاس شدة أشعة (UV) بوحدة الواط/م٢ نانومتر، كما أن هنالك وحدة قياس أخرى في الشروط الطبية تعرف بالجرعة الإشعاعية لأقل احمرار جلدي (Minimum Erythemal Dose MED) حيث أن وحدة واحدة من (MED) تقابل أصغر جرعة إشعاعية من أشعة (UV) مقاسة بالجول/م٢ (J/m2) والتي تسبب تأثيراً مباشراً على العين أو الجلد أو تقلع مناعة لدى الإنسان، وتتراوح تلك الجرعة من ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ جول/م٢. ويوضح الجدول (٤) الجرعات الإشعاعية لأقل احمرار جلدي (MED) لفئات سكانية مختلفة وذلك حسب طبيعة أو نوع الجلد المعرض لهذه الأشعة.

ويوجد نسق إرشادي يحدد المستويات الإشعاعية لأشعة (UV) اليومية المسموح التعرض بها، والتي تعرف تحت مسمى (Exposure limits-EL)، كما أن هنالك مقياساً آخر يدعى معامل الوقاية أو الحماية الشمسية (Sun Protection- spf)، وعلى هذا الأساس يتبين بأن هنالك معايير وضعية مختلفة يجب عدم تجاوزها عند التعرض لأشعة (UV).

عمال الطرق والمباني والمطارات	٢٧
عمال داخل المباني	٩
احمرار الجلد في العطلة الصيفية	٥
السرير الإشعاعي UVA ٢ دقيقة	٣

■ جدول (٤): الجرعة الإشعاعية (UV) لفئات سكانية مختلفة



■ جهاز أشعة فوق البنفسجية مستخدم لغرض العلاج.

التأثيرات الفيزيوحيوية للفضاء الخارجي



منذ بداية القرن العشرين بدأ الفلكيون [illegible] أن الفراغ الضخم بين النجوم داخل المجرة يحتوي على مادة غازية تسمى مادة ما بين النجوم، وقد تم اكتشاف هذه المادة عام ١٩٠٤م عندما لاحظ العالم الهولندي هارتمان ذرة الكالسيوم المتأينة وذرة الصوديوم مع طيف أحد النجوم ذي الخواص الفيزيائية التي لا تسمح بتواجد هاتين [illegible]. وفي عام ١٩٢٢م لاحظ [illegible] وجود خطوط طيف لعناصر [illegible] وبين عامي ١٩٣٧م و١٩٤١م اكتشف [illegible] (CH) والسيانوجين (CN) في مادة ما بين النجوم.

ففي دراسة لسحابة بين النجمية ذات الحرارة العالية عام ١٩٤١م، تم رصد خط طيف امتصاص للسيانوجين عند طول موجي قدره ٣٨٧٤٫٥ نانومتر، وهذا يشير إلى أنه يوجد في هذه السحابة جزيئات سيانوجين [illegible] مستقرة، مما يعني أن جزيئات السيانوجين في الفضاء تكون أكثر استقراراً من الحالة القائمة على سطح الأرض [illegible] تكون روابط أكثر استقراراً مثل حمض سيانو [illegible] (HCN). وفي نهاية عام ١٩٦٨م تمكنت مجموعة أمريكية بقيادة [illegible] تاونسي من اكتشاف خطوط طيفية عند الأطوال الموجية ١٫٢٥ سم تدل على الأمونيا (NH_3)، ويعتقد أن لها دوراً في تكوين مواد بروتينية بسيطة في العصور البيوكيميائية الأولى [illegible] (H_2O). وفي عام ١٩٦٩م تمكنت مجموعة أخرى من اكتشاف خط الطيف عند الطول الموجي ٦٫٢ سم الدال على وجود الفورمالدهيد (H_2CO) الذي يكون من أكثر الجزيئات شيوعاً في الكون، وهذا [illegible] أول أكسيد الكربون (CO) وجزيء الهيدروجين (H_2)، ولقد لعب الفورمالدهيد دوراً مؤثراً في العصور البيوكيميائية الأولى، حيث تتحد ستة من جزيئاته في وجود الأشعة فوق البنفسجية لتكون [illegible] السكر [illegible].

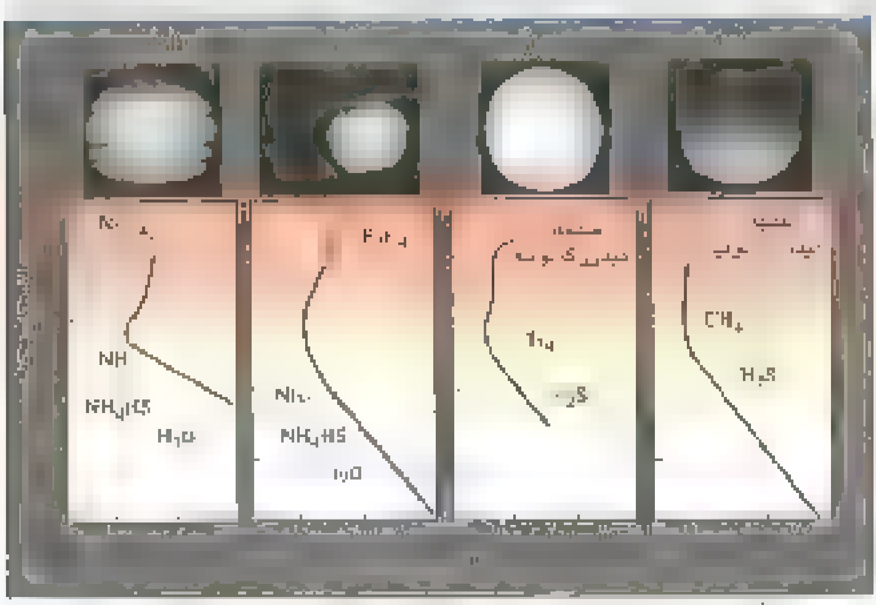
تلا ذلك اكتشاف مركبات جديدة مثل الكحول الميثيلي وحمض النميك و[illegible] والأسيتالدهيد والفورماميد و[illegible] الأميني والـ[illegible] الإيثيري و[illegible] والكحول الإيثيلي وجزيئات أخرى غيرها. وبعد دخول عصر الفضاء وتطور المناظير الراديوية عام ١٩٩٧م، تم اكتشاف طيف أكثر من ١٤٧ عنصراً ومركباً كيميائياً حتى الآن في السحب بين النجمية [illegible] المحيطة بالنجوم. [illegible] الكثافة في تلك السحب من عشرة جسيمات إلى [illegible] جسيم لكل سم٣ [illegible] درجة الحرارة [illegible] ما بين [illegible] إلى ألف درجة مطلقة [illegible] كلفن).

[illegible] مادة ما بين النجوم و[illegible] الكواكب [illegible] الفضاء [illegible] Biology [illegible] الذي يهتم بإمكانية وجود مادة حية خارج نطاق الغلاف الجوي الأرضي، كما يهتم بتأثير المركب الفيزيائي للفضاء [illegible] الغلاف الجوي الأرضي على الخلايا الحية وصحة الإنسان أثناء رحلات الفضاء.

تأثر الإنسان بالفضاء

يستطيع الإنسان البقاء في الفضاء لمدة تزيد عن ستة أشهر في ظل وجود عوامل [illegible] وانعدام الوزن، والعوامل البيئية المرتبطة بوجود الجسيمات [illegible].

ويعد انعدام الجاذبية من أهم التأثيرات على جسم الإنسان في الفضاء، فالجهاز القلبي يتأثر بتغير توزيع كتلة الدم - نتيجة لغياب الجاذبية - الذي يتركز في الرأس والصدر والرقبة، وهذا يفسر تورم وجوه رواد الفضاء ونقص أطرافهم السفلى. وقد بينت الدراسات الحديثة على رواد مكوك الفضاء [illegible] نقصاً [illegible] في [illegible] الدم. أما جهاز الوعي والاتزان فيظهر التأثير على الأذن الوسطى [illegible] مما يؤدي إلى [illegible] والغثيان. كما يتأثر الجهاز الحركي حيث يحدث نقص في [illegible] رواد الفضاء [illegible] في الهيكل العظمي والعضلات، مما يؤدي إلى [illegible] العظم [illegible] وبالتالي زيادة [illegible] الفضاء [illegible]



● التركيب الكيميائي والفيزيائي لبعض المكونات الغازية في المجموعة الشمسية

وقد لوحظ أيضاً تأثيرات مختلفة على الوظائف الحيوية، مثل الهضم والتجلط و... والمركبات الأيضية داخل الجسم نتيجة لزيادة أعداد البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية.

وقد تم التغلب على بعض العوامل البيئية المذكورة بصناعة رداء خاص برواد الفضاء أو مجال مغناطيسي يحيط بهم للتغلب على الأشعة الكونية في حالة سباحة الرائد خارج السفينة الفضائية.

التأثير الفضائي على الخلية الحية

تتأثر الخلية الحية بوجودها في الفضاء بعدة عوامل أهمها:

● الضغط

عند تعرض أي جسم للضوء أو الحرارة فإنه يمتص جزءاً من هذا الضوء أو هذه الحرارة ويعكس بعضها. وهذا يؤدي إلى وقوع الجسم تحت ضغط إشعاعي ضوئي يكون كبيراً بالنسبة للجسيمات الصغيرة. وهذا ما ذكره أويلر في عام ١٧٤٦م، عندما قال بأن موجات الضوء تقوم بالضغط على الأجسام عندما تسقط عليها، وثبتت صحة هذا الرأي من خلال العمل النظري لماكسويل على طبيعة الكهرومغناطيسية عام ١٨٧٣م.

وفي تجربة قام بها أرهينيوس الحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٠٣م على أثر ضغط أشعة الشمس على الجسيمات الصغيرة في النظام الشمسي، اتضح أن هناك مدى من الأحجام يكون ضغط الإشعاع عنده أكبر من قوة الجاذبية الشمسية، ويبلغ هذا الحد حجم ٢ ميكرون، حيث إن معظم البكتيريا والفيروسات تقع تحت هذا الحد، وبالتالي فإنها تتأثر بضغط الإشعاع أكثر من تأثرها بالجاذبية الشمسية.

واعتماداً على النظريات الفيزيائية التي توضح أن الضغط المنخفض خارج الخلية يؤدي إلى خروج ونفاد الماء الحر الموجود فيها وظهور فرقعات داخلها يؤدي إلى هلاكها، فقد قامت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) بإجراء تجارب لاختبار مدى تأثر الكائنات الدقيقة بالضغط الشديد الانخفاض السائد في الفضاء ما بين الكواكب. وقد تم ذلك بتعريض ثلاثة أنواع من الكائنات الدقيقة مدة خمسة أيام لتفريغ بالغ الشدة يقارب مثيله في الفراغ بين الكواكب، وقد أظهرت نتائج الدراسة المذكورة أنه لم يلاحظ أثر معين على هذه الكائنات، وبالتالي فليس هناك أية فرضية تدل على أن التفريغ في الفضاء الخارجي يؤدي إلى موت هذه الكائنات.

● الحرارة

تلعب درجة الحرارة دوراً حيوياً في حياة الكائنات الحية. وطبقاً لقانون التربيع العكسي للطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة، فإن درجة حرارة كواكب المجموعة الشمسية تقل كلما زاد بعدها عن الشمس، وبالتالي أصبح من الضروري معرفة تأثير درجات الحرارة المختلفة على الكائنات الحية خارج الغلاف الجوي للأرض.

وقد تم في العقود الأخيرة إيجاد في معهد جيمس... على جراثيم بكتيرية حفظت بعشرين ساعة في درجة حرارة بلغت (-٢٥٢°م) درجة مئوية تحت الصفر في هيدروجين سائل، واتضح أن قدرتها على الإنبات لم تتحطم، إضافة إلى ذلك توصل مكتشفو التجربة إلى أن الكائنات الدقيقة يمكن أن تحتفظ في الهواء السائل عند درجة حرارة (... °م) لفترة تبلغ ستة أشهر دون أن تفقد قدرتها على الإنبات.

وتعزى القدرة على الإنبات إلى بعض العمليات الحيوية التي تحدث بمعدلات أقل في درجات الحرارة المنخفضة منها في درجات الحرارة المرتفعة، وحيث إن درجة حرارة كوكب نبتون تبلغ حوالي ... °م، فقد وجد أن الطاقة الحيوية والإنبات لتلك الجراثيم البكتيرية تنقص بمقدار واحد من ألف مليون عن كفاءتها عند درجة حرارة ... م، ولذلك فإن هذه الكفاءة خلال ثلاثة ملايين سنة لن تنخفض بأكثر مما تنخفض به في يوم واحد في درجة حرارة ... م. من هنا يمكن القول إنه ليس هناك مستحيل في تكوين نظرية فقدان قدرة الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة، وذلك لفترات طويلة مقارنة بدرجات الحرارة المرتفعة. ونتيجة هذه التجارب تجعل العقل البشري يثق أن البرد الشديد في الفضاء سيعمل كواق عالي الفعالية للبذور.

● الأشعة فوق البنفسجية

يمتلئ الفضاء خارج الغلاف الجوي الأرضي بالأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، والتي حمانا الله سبحانه وتعالى منها بامتصاص معظمها بواسطة غاز الأوزون في طبقات الجو العليا.

لا يؤدي امتصاص الحمض النووي منقوص الأكسجين الـ(DNA) في الخلية الحية لموجات الأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال قريبة من ٢٦٠ نانومتر إلى توفر الطاقة الكافية لكسر جدائل الـ(DNA) وبعض جزيئات البروتين الموجودة قريبة منه، ويرجع السبب في ذلك إلى وجود

كميات هائلة من الجراثيم في الفضاء حيث يعرض الجراثيم للأشعة فوق البنفسجية بكثافة عالية في موجات مهمة بالنسبة للحياة (نحو ٢٦٠ نانومتر)، إذ يكفي وجود طبقة منه لا يزيد سمكها عن ميكرومتر ليوفر غلافاً فعلاً واقياً ضد الأشعة فوق البنفسجية. لذلك فإنه بإمكان الخلية الحية إن كانت محمية ببعض غبار الجراثيم أن تستمر حتى من الشمس والعيش في الفضاء.

ومن المعلوم أيضاً أن عملية تحلل المادة الحية في غياب الأكسجين الحر - تحت الظروف غير المؤكسدة - ينتج عنها كمية إضافية من الجراثيم، وهذا يعني أن تحلل بعض الكائنات في الفضاء يولد مادة التي توفر الحماية الفعالة والطبيعية لبقية الكائنات ضد الأشعة فوق البنفسجية.

ومن الحقائق السابقة وجد العالم روكس أن جراثيم الخميرة الفحمية التي تموت فور تعرضها للضوء في وجود الهواء داخل المعامل الأرضية، تبقى حية إذا لم يتوفر الهواء طبقاً للأوضاع السائدة في الفضاء. أما خلايا الجراثيم الجاهزة للإنبات فإنها تقتل بواسطة الأشعة فوق البنفسجية بعد وقت قصير جداً.

● الأشعة الكونية

الأشعة الكونية عبارة عن الجسيمات التي تصل إلى الغلاف الجوي الخارجي للأرض. وقد وجد أن معظم هذه الجسيمات ما هي إلا نوى ذرات بعض العناصر تتشكل نوى ذرة الهيدروجين حوالي ٩٢٪ منها، و ٧٪ جسيمات ألفا، أما النسبة الباقية (١٪) فتشمل نوى ذرات ثقيلة ابتداء من ذرة الليثيوم (Li) وانتهاء بذرة الزركونيوم (Zr).

وتسير هذه الجسيمات بسرعة فائقة وتتراوح طاقاتها بين ١٠^٩ إلى ١٠^٢٠ إلكترون فولت، وهناك عدة مصادر محتملة للأشعة الكونية منها:

١- الشمس، حيث لوحظ أن الأشعة الكونية تزداد في حالة حدوث انفجارات شمسية.

٢- النجوم المتفجرة، وهي موجودة في مجرتنا وفي مجرات أخرى.

وعند دخول الأشعة الكونية للغلاف الجوي المحيط بالأرض فإنها تتصادم مع



● الحمض النووي منقوص الأكسجين DNA قابل للتأثر بالأشعة فوق البنفسجية بسبب وجود الجراثيم في الفضاء

نوى ذرات الأكسجين والنيتروجين منفعلة معها محدثة فيها عدم استقرار مما يؤدي إلى تحطيم تلك النوى إلى شظايا أو جسيمات نووية مشحونة وجسيمات أخرى متعادلة الشحنة، يطلق على قسم منها اسم الميزونات مثل ميزون (π) وميزون (K)، كذلك تنبعث نيوكليونات (بروتونات ونيوترونات) وجسيمات أخرى أثقل من النيوكليونات.

وتتفاعل هذه الجسيمات مع نوى ذرات أخرى عائدة بذلك جميع طاقتها في اصطدامات متعاقبة، وفي بعض الأحيان عندما تكون طاقة الجسيمات الأولية عالية جداً حوالي ١٠^١٥ إلكترون فولت تكون طاقة الجسيمات الناتجة الثانوية كبيرة بحيث تكفي لإنتاج تفاعل بينها وبين ذرات الجو الأخرى، مسببة تحطيم نوى تلك الذرات وإنتاج المزيد من الجسيمات الثانوية. وتتكرر العملية فيتكون ما يسمى مرشة (shower) الأشعة الكونية التي تتجه نحو الأرض لتغطي مساحة كبيرة (واحد كيلومتر مربع تقريباً).

ويصل حوالي ١٪ من الأشعة الكونية المتكونة في الجو إلى مستوى سطح البحر بينما يكون الباقي قد تفاعل مع ذرات الجو وخسر جميع طاقته. وقد وجد أن الجسيمات التي تصل عمودياً إلى الأرض تتكون من ٧٠٪ ميزونات، و ٢٩٪ إلكترونات و ١٪ نيوكليونات وميزونات أخرى. أما الجسيمات الساقطة في الاتجاه الأفقي فإن جميعها ميزونات (μ)، وذلك

لأن سمك الغلاف الجوي في هذه الحالة يساوي حوالي ٣٦ مرة سمك الغلاف الجوي في الاتجاه العمودي.

وتعد الأشعة الكونية من أهم الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان حيث يتعرض الفرد (في مستوى سطح البحر) نتيجة للأشعة الكونية إلى جرعة مكافئة قدرها ٥ ملي رم (٥٠ ميكروسيفرت) كل عام، وعند ارتفاع ٣٠٠٠ متر إلى ١٠٠ ملي رم (١٠٠٠ ميكروسيفرت) كل عام، ويكاد يزداد معدل الجرعة مع ازدياد الارتفاع.

كذلك قد تؤدي الأشعة الكونية إلى إنتاج بعض النوى المشعة في الغلاف الجوي فيكون لها تأثير غير مباشر على الإنسان.

ويتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية قدرها ١٦٩ ملي رم في السنة (في المتوسط)، وهي تمثل مجموع ما يتلقاه من مختلف المصادر الإشعاعية. وتمثل الجرعة التي يتلقاها من الأشعة الكونية حوالي ٤٥ ملي رم أي بنسبة ٢٦٪ تقريباً.

● الأشعة السينية

يصدر عن الشمس كذلك أثناء نشاطها كمية من الأشعة السينية يبلغ مئة ألف ضعف ما تبعثه منها في حالتها الهادئة وعند امتصاصها داخل الخلايا فإنها تولد إلكترونات عالية الطاقة عن طريق ما يسمى بالظاهرة الكهروضوئية، وقد تسبب كسر إحدى جديلتي الـ (DNA). ويصل التدمير ذروته عندما تبلغ طاقة الكم واحد كيلو فولت، ويمكن أن تتوفر حماية جزئية من هذه الطاقة بواسطة مادة التغليف (الجرافيت) التي تقي كما أسلفنا من الأشعة فوق البنفسجية.

وقد تم حساب متوسط الجرعة التي تتلقاها الكائنات الحية العائمة من الإشعاع في الفراغ بين الكواكب على مسافة تبلغ بعد الأرض عن الشمس عند حدوث أكبر الانفجارات الشمسية، فتراوحت من واحد إلى عشرة راد في الثانية. ورغم أن هذا المعدل مرتفع إلا أن المستوى الأعلى للأشعة السينية الناتجة من الانفجارات الشمسية ينخفض كثيراً في نحو عشر دقائق، ولكن الجرعة المتراكمة من الانفجارات المتتابعة تصل إلى بضعة كيلو

راد ... وبشكل متكرر في المختبرات الأرضية فقد أمكن تعريض عدد من الكائنات الدقيقة لجرعات مختلفة من الأشعة المؤينة، والتي من معظم الكائنات تستطيع أن تتحمل جرعات إشعاعية تعادل ما ينتج عن عدد من الانفجارات الشمسية الكبيرة.

وقد وجد أن عدد الجدائل المفردة لجزيء الـ (DNA) المزدوج التي تكسرت في بكتيريا ميكروكوكوس راديوديورانس بلغت نحو [illegible] ١٨ جدائل، وحيث أن هذه التشوهات في الوراثة معينة إذا تركت دون إصلاح فإنه يبدو أن تلك الكائنات لها آلية خاصة للإصلاح عن طريق العديد من الإنزيمات والعمليات البيوكيميائية داخل الخلية الحية.

وقد أوضحت تجارب عديدة أجريت على بعض الكائنات الدقيقة تحت ظروف ضغط منخفض في غياب الأكسجين الحر لمحاكاة الظروف الفضائية أن قدرة الكائنات الدقيقة على إصلاح التلف الناجم عن الأشعة المؤينة يحدد مدى مقدرتها على الحياة في الفضاء، حيث يكون ضغط الغاز منخفضاً للغاية مقارنة بضغطه على الأرض، ونتيجة لذلك الضغط المنخفض تفقد هذه الكائنات الدقيقة الماء الحر منها. وقد وجد أن المقاومة للأشعة المؤينة تنخفض قليلاً حتى ضغط [illegible] من الضغط الجوي العادي، وتبقى ثابتة بعد ذلك حتى ضغط قيمته [illegible] من الضغط الجوي، مما يدل على أن الكائنات المجففة تحت ظروف الفضاء تظل محتفظة على الأقل بنفس قدرتها التي اكتسبت بالتجفيف في تحمل التلف بالأشعة المؤينة.

خاتمة

يبدو أن البحث في هذا الموضوع يحتاج إلى تقنية عالية التطور لأن التجارب الفعلية لا يمكن أن تجرى تحت ظروف مشابهة تماماً للفضاء، فمثلاً تتعرض الكائنات الدقيقة في المختبرات الأرضية للتأثيرات الضارة بالتتابع في حين أن كلا التأثيرات توجد معاً في الفضاء في نفس الوقت. وعموماً فهذا القرن سوف يشهد طفرة كبيرة في هذا المجال، ولن ... عالم بيرانه ... ومبسطة لموضوع بالغ التعقيد.

عالم في سطور

محمود الفلكي

عالم بهذا يعد من علماء الفلك الأفذاذ المتميزين على المستوى العربي والعالمي وهو يعتبر من المتقدمين الذين عاصروا النهضة العلمية الإسلامية إبان عصرها الذهبي ويعتبر من المتخرجين الذين تزودوا بهم وسائل البحث والدراسة المتقدمة ومع أنه عاش في القرن التاسع عشر الميلادي إلا أنه نهج منهج أسلافه من علماء الأمة الإسلامية من حيث تبحره في علوم كثيرة، فكان في كل علم يحسبه من نفسه لهذا العلم فقط. فخلف إنتاجاً غزيراً في الفلك والمغناطيسية والجغرافيا.

- الإسم: محمد أحمد حمدي، ولقب بالفلكي.
- تاريخ ومكان الميلاد: ١٨١٥م بقرية الحصة، محافظة الغربية، مصر.
- تاريخ الوفاة: ١٩ / ٧ / ١٨٨٥م.
- تعليمه:
  - الإبتدائية في الإسكندرية.
  - ضابط بحري من مدرسة البحرية في الإسكندرية [illegible] ١٨٣٠م.
  - شهادة الهندسة من مدرسة الهندسة المعروفة باسم "مهندس خانه" ١٨٣٩م.
  - بعثة دراسية إلى فرنسا لدراسة الفلك (١٨٥٠ - ١٨٥٩م).
- أعماله:
  - ١٨٣٩م عمل محاضراً للرياضيات والفلك في مدرسة الهندسة، بجانب إدارته للمرصد الفلكي فيها.
  - عضواً بالأكاديمية المصرية، ثم نائب الرئيس (١٨٥٩م).
  - عضواً في جمعية الخديوي الجغرافية، ثم نائب الرئيس، فرئيس ١٨٧٥م.
  - ... للأشغال العامة.
  - ١٨٨٤م وزيراً للتربية والتعليم حتى وفاته (١٨٨٥م).
- إنجازاته:
  1. بعض الأبحاث العلمية حول التقويم المقارن الهجري مع الروماني والقبطي، كتيب عن أهرامات الجيزة.
  2. عمل أول خارطة لمصر.
  3. جمع بيانات عن فيضانات النيل مدة أكثر من مئتي سنة، إستخدمت كمصدر هام للمعلومات لمهندسي الري فيما يتعلق بمستوى مياه نهر النيل.
  4. إكتشف بعض الآثار في الإسكندرية مثل مينائها الملكي وجزيرة أنتيرودس كما حدد مواقع المعركة البحرية التي وقعت في الإسكندرية. كما إكتشف بعض الآثار في رشيد وأبو قير وكانوب.
  5. إقترح إنشاء محطات رصد في عدة مواقع في مصر لقياس مستوى النيل.
  6. ترجم كتاب حساب المثلثات والتكامل من الفرنسية إلى العربية.
- تقدير سيرته
  حصل محمود الفلكي على الكثير من التقدير على مستواه العلمي، فتميز في معظم الدول الأوروبية ومصر، منها على سبيل المثال:
  1. وضع له تمثال في مدينة شتوتجارت بألمانيا.
  2. سمي أحد الشوارع باسمه في الدنمارك.
  3. إنشاء بلجيكا متحفاً يضم على مجموعاته العلمية.
  4. يطلق إسمه على أحد شوارع القاهرة الرئيسية بمصر.

المصدر:

http://sis.gov.eg/calender/html/el 90797.htm

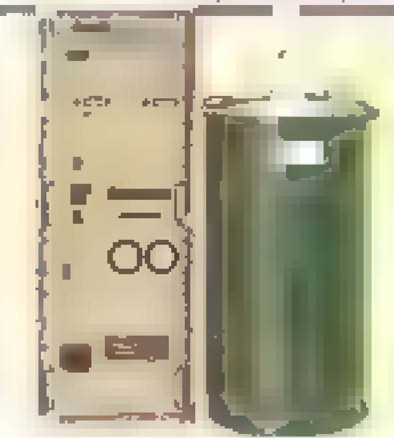
المغناطيسية الحيوية

د. حامد بن عبدالرزاق السويدان

تمهيد:

تصدر من مكونات الجسم الحية خاصة الإنسان مجالات مغناطيسية تعرف بالمغناطيسية الحيوية، وهي عبارة عن مجالات مغناطيسية ذات قيمة عددية منخفضة تتولد بواسطة عدد من أعضاء هذه الكائنات الحية. وتتعدد مصادر المجالات المغناطيسية داخل جسم الإنسان، وتختلف أيضاً في شدتها حسب عمل وجسم كل منها.





ومن أهم تلك المصادر ما يلي:

١- المجالات المغناطيسية التلقائية والناتجة عن مضادات التيارات الكهربائية بخلايا العضلات أو الأعصاب ببعض أعضاء الجسم كالقلب والدماغ التي تمثل المقابل المغناطيسي للقياسات الكهربائية المعتادة.

٢- المجالات المغناطيسية المتولدة بواسطة مصدر خارجي يقوم بإثارة إحدى حواس الجسم فتنتج إشارات مغناطيسية مستحثة للجهاز العصبي المركزي.

٣- الاستجابات المغناطيسية الناتجة من مكونات الدم مغناطيسية أو البارامغناطيسية (Ferromagnetic) للنسيج البشري بوجود مجال مغناطيسي والتي تتوقف على حجم التركيزات العالية للمواد البارامغناطيسية نتيجة لزيادة مخزون الحديد في الكبد أو حصول تخثر الدم في أحد أعضاء الجسم.

٤- المجالات المغناطيسية الناتجة عن بعض الشوائب المغناطيسية من أهمها الحديد والتي تتركز في الرئتين.

وتعد قيم شدة المجالات المغناطيسية المذكورة منخفضة جداً، فهي تقل من مليون إلى بليون مرة عن قيمة شدة المجال الأرضي الذي يساوي تقريباً ٥×١٠ تسلا، كما أنها أصغر بعدة رتب من مستوى التشويش للوسط المحيط الناتج عن المجالات المغناطيسية القريبة والمتولدة من الأسلاك الحاملة للتيار، والأجسام الحديدية الكبيرة كالمصاعد والآلات المختلفة.

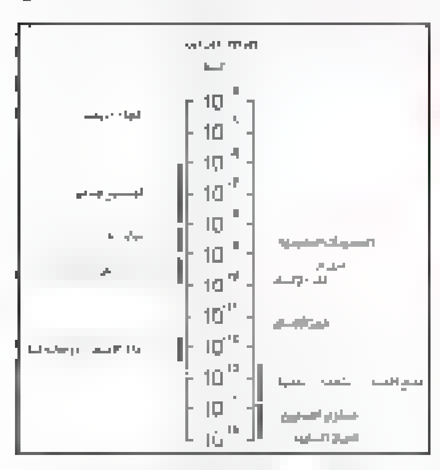
قياس المغناطيسية الحيوية للإنسان

يمكن التغلب على مجالات التشويش المذكورة وفي نفس الوقت قياس هذه المغناطيسية المنخفضة جداً بواسطة جهاز فائق الحساسية - أمكن تطويره أخيراً - يمكنه أن يلبي هذه المتطلبات، إذ يمكنه أن يتحسس التغير في المجالات المغناطيسية القريبة منه إلى أقل من ١٠-١٤ تسلا - أي المغناطيسية المنخفضة جداً - مع إمكانية استبعاد مصادر التشويش.

يطلق على الجهاز المذكور اسم جهاز التداخل الكمي فائق التوصيلية المعروف اختصاراً بالسكويد (SQUID) وهي ترجمة للحروف الأولى لاسم الجهاز باللغة الإنجليزية (Superconducting Quantum Interference Device-SQUID).

تعكس هذه التسمية العديد من الظواهر الفيزيائية التي يعتمد عليها الجهاز، والتي تتضمن تكميم الفيض المغناطيسي والموصلية الفائقة وظاهرة جوزفيسون. ويوضح شكل (١) المجالات المغناطيسية الحيوية لأعضاء جسم الإنسان مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي والضجيج المحيط ومستوى الضجيج لجهاز السكويد.

يعتمد قياس المغناطيسية الحيوية لجسم الإنسان على خاصية وجود مجال كهربائي في جسم الإنسان يمكن بواسطته قياس تلك المغناطيسية وذلك حسب العلاقة المعروفة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي، إذ يمكن استنتاج أي من الكميتين عند معرفة الأخرى. ويوضح شكل (٢) العلاقة بين شدة المجال والتيار الكهربائي بحالة مبسطة جداً نفترض فيها مصادر كهربائية ضمن الجسم، مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم، تتحرك بالاتجاه المبين بالسهم خلال مسار قصير وضيق محدد بواسطة غشاء الخلية الحية. فأي تغير في



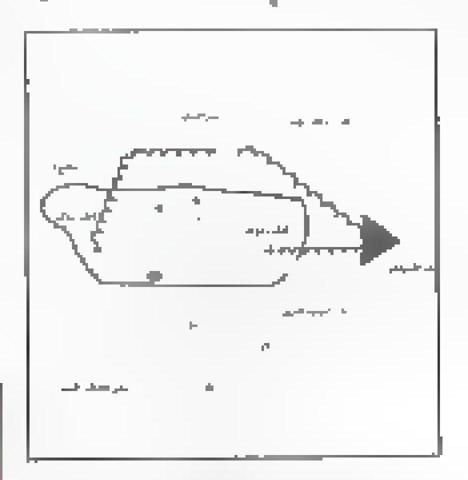
● شكل (١) المجالات المغناطيسية الحيوية مقارنة بالمجال الأرضي والضجيج المحيط ومستوى الضجيج لجهاز السكويد

كمية الشحنة عبر الغشاء ينتج عنه تيار كهربائي يمكنه أن يحدث مجال مغناطيسي يقل أو يزيد حسب بعده أو قربه من مركز التيار حيث يعطي التغير في مسار التيار ما يعرف باسم ثنائي القطب التياري ويعني أن مصادر الاضطرابات الكهربائية الناتجة على المستوى الخلوي لعضلة القلب ولمجموعات هائلة من الخلايا عالية الترتيب مما يولد إشارات كهربائية يمكن تكبيرها ثم تسجيلها بواسطة أقطاب كهربائية توضع على سطح الجسم فنحصل على ما يسمى بمخطط كهربائية القلب (Electric Cardiogram-ECG) ومخطط كهربائية الدماغ (Electric Encephalogram-EEG) اللذان يستخدمان بصورة عامة في التشخيص السريري.

واعتمادا على ذلك يمكن أن تنتج عن هذه المجالات الكهربائية للقلب والدماغ مجالات مغناطيسية يمكن قياسها بواسطة مخطط مغناطيسية القلب (Magnetic Cardiogram-MCG) ومخطط مغناطيسية الدماغ (Magnetic Encephalogram-MEG)

● عمل وتركيب جهاز السكويد

يعتمد عمل جهاز السكويد على ظاهرة أن الفيض المغناطيسي خلال حلقة فائقة التوصيل



● شكل (٢) المجال المغناطيسي الناتج عن ثنائي القطب التياري وخطوط الجهد الكهربائية والمغناطيسية



● شكل (٣) جهاز السكويد والأجهزة الملحقة به

لا يمكن أن يتخذ أية قيمة موجبة، ولكن هناك قيم محددة دون غيرها يتغير خلالها الفيض المغناطيسي يطلق عليها تكميم الفيض المغناطيسي. ويوضح الشكل (٣)، صورة فوتوغرافية لجهاز السكويد الذي غالبا يأخذ الشكل الأسطواني مع وجود نهاية أسطوانية أقل أبعاداً توضع غالبا بأقرب ما يمكن من المصدر المولد للمجالات المغناطيسية.

يتكون الجهاز، شكل (٤)، مما يلي: -

١ - ملف كشف يتحسس التغيرات في المجال المغناطيسي الخارجي الناتجة عن المصدر المراد قياسه ويقوم بتحويلها إلى مجال كهربائي

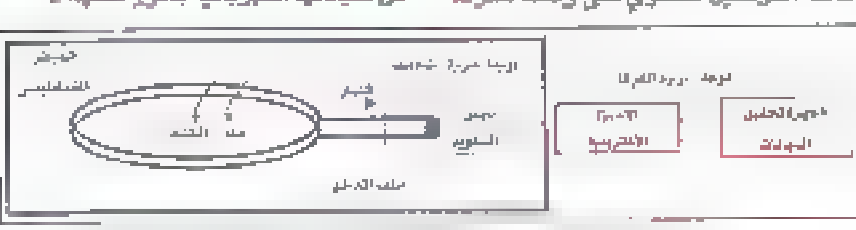
٢ - ملف المحول الذي يحول التيار الناتج إلى مجال مغناطيسي

٣ - مجس السكويد وهو عبارة عن حلقة فائقة التوصيل تحتوي على وصلة مفردة رقيقة بسمك (١ إلى ٣ نانو متر) تدعى وصلة جوزفسون، يقوم هذا المجس مع توصيلاته الإلكترونية بعمل محول عالي التكبير للمجال المغناطيسي إلى جهد كهربائي يمكن قياسه بدرجة حرارة الغرفة.

ويلاحظ من الشكل أن مجس السكويد وملف الكشف توضع في وعاء حافظ للحرارة مملوء بسائل عالي التبريد (نيتروجين أو هيليوم) وذلك لضمان الموصلية الفائقة للمواد الناقلة للتيار الكهربائي والتخلص من التشويش الحراري.



تتميز القياسات المغناطيسية الحيوية من مثيلاتها الكهربائية بأمور أهمها: -



● شكل (٤) مخطط الأجزاء المكونة لجهاز القياس للمغناطيسية فائق الحساسية (السكويد)

أن جهاز الكشف لا يلامس الجسم إطلاقاً.

٢ ـ أن المجالات المغناطيسية المتولدة من الجسم لا تتشوه إلا قليلاً بواسطة النسيج الجسمي الواقع بين مصدر الإشارة (داخل الجسم) وموقع جهاز القياس.

٣ ـ إمكانية تحديد موضع مصدر الإشارة داخل الجسم وبدقة عالية اعتماداً على الطبيعة الاتجاهية للقياسات المغناطيسية.

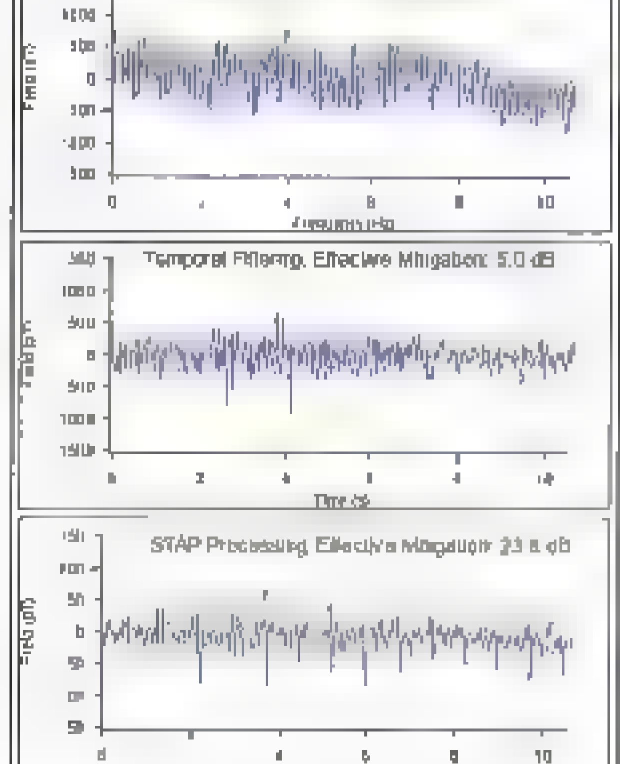
ونتيجة لأهمية المغناطيسية الحيوية فقد طبقت في دراسات مخططات مغناطيسية القلب والدماغ وغيرها.

● مخطط مغناطيسية القلب

يتم في هذا المخطط التعرف على النشاط الكهربائي للقلب وذلك برسم خريطة للمجالات المغناطيسية (MCG) الناشئة من التيارات الأيونية في النسيج القلبي وقياسها، وتتميز هذه التقنية بإمكانية تحسس التيارات الكهربائية الساكنة التي لا تسبب أي فرق جهد على سطح الجسم والتي لا تظهر في مخطط كهربائية القلب المعروفة.

وفي هذا الإطار فقد أجريت العديد من الدراسات باستخدام هذه التقنية من قبل العديد من الباحثين بغرض تحديد كيفية تشكل المجالات المغناطيسية حول الصدر لكل من مرضى القلب والأشخاص الطبيعيين.

ومن المتوقع أن تأخذ هذه التقنية في المستقبل القريب دوراً مكملاً لعمليات تخطيط القلب المستخدمة حالياً. ويمكن للمرضى المراجعين من شكوى آلام الصدر ولا يعرف أسبابها هل من القلب أم شيء آخر أن يستخدموا هذا الجهاز لأن حالتهم يجب أن يتعامل معها بسرعة خوفاً من الجلطات القلبية. وبما أن التقنيات المتبعة الآن لا يمكن الوثوق بها من ناحية دقة التشخيص، فإن استخدام تقنية مخطط مغناطيسية القلب وتحليل خرائط المجال المغناطيسي حول الصدر القلبي المستخرج بواسطة جهاز السكويد يمكن أن يكون كآلية للتشخيص السريع وموثوق بها للنوع من الأعراض الكثيرة الحدوث.

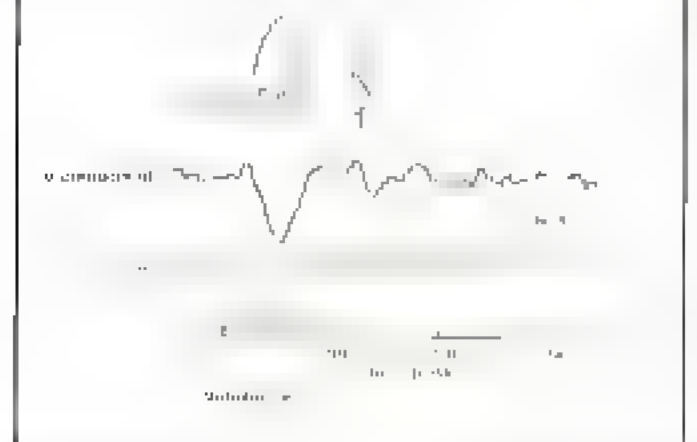


● نموذج لمخطط مغناطيسية القلب.

● مخطط مغناطيسية الدماغ

تستخدم هذه التقنية في دراسة القياسات المغناطيسية المتولدة من الدماغ، وتفيد في تقييم مدى سلامة المواضع العصبية. وتعد دراسات الدماغ المغناطيسية من الدراسات الناجحة نتيجة لنتائجها المشجعة والقابلة للتطبيق وخصوصاً بعد تطوير جهاز السكويد الذي اختصر الوقت وحسن من قدرة التحليل الوضعية، حيث أمكن الكشف عن المجالات المغناطيسية التي تظهر في الدماغ من النبضات الكهربائية من الخلايا العصبية، وبقياس المجال المغناطيسي الناتج عند وضع محفزات حسية على مناطق محددة من الجسم يمكن الحصول على خريطة النظام الوظيفي للدماغ أكثر من المستقر موضعياً وبحدود المليمترات زمنياً. وتعد هذه التقنية أداة أساسية لدراسة الدماغ ومن المتوقع أن يبدأ استخدامها في التشخيص السريري لمرضى في بعض حالات الاضطرابات العصبية.

ومن التطبيقات الطبية الناجحة لاستخدام مخطط مغناطيسية الدماغ (MEG) استقصاء الصرع لدى المرضى والدقة العالية في تحديد البؤرة المسببة له مقارنة بكل من المخطط الكهربائي للدماغ وتقنية الرنين النووي المغناطيسي.



● نموذج لمخطط مغناطيسية الدماغ.

● استخدامات الكبد المغناطيسية

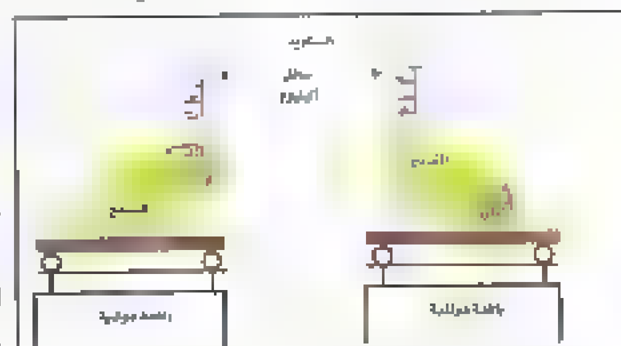
يمكن استخدام قياسات الاستجابة المغناطيسية لتحديد كمية مخزون الحديد بجسم الإنسان خصوصاً في الكبد، وتعد هذه التقنية مهمة جداً للمراقبة الدورية للذين يعانون من حالات زيادة كمية الحديد في الدم حيث أن أي ارتفاع في تركيز الحديد في الكبد (باعتباره العضو الذي يخزن الحديد في الجسم) يولد استجابة مغناطيسية كلية للكبد بصورة مغايرة للحالة الطبيعية الديامغناطيسية وبذلك يمكن بواسطة هذه التقنية راحة كثير من المرضى عند القيام بالفحص السريري. وتتم عملية التشخيص شكل (٥) حسب الخطوات التالية:

وضع المريض على سرير موصول بمحرك لسهولة التحكم والوصول إلى أقل مسافة بين الجسم وجهاز السكويد.

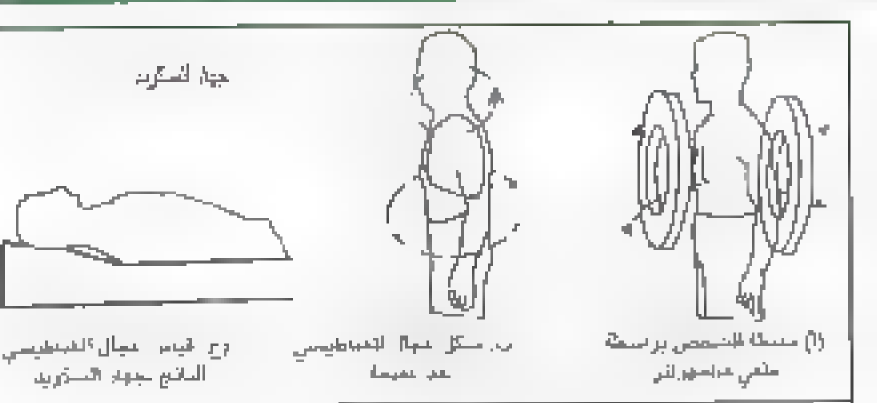
تسليط مجال مغناطيسي ثابت (في حدود ٢ ملي تسلا) بواسطة مغناطيس فائق التوصيلية على منطقة الكبد والنسيج المحيط به.

ـ تخفيض سرير المريض أثناء تسليط المجال المغناطيسي لعدة سنتيمترات وتسجيل الاستجابات المغناطيسية الناتجة بواسطة جهازي السكويد، وبصورة منفصلة عن بعضهما.

الجدير بالذكر أن هذه التقنية تستخدم بعض الوقت حتى أصبحت أجهزة روتينية معتمدة في حالات التشخيص السريري.



● شكل (٥) جهازي السكويد المستخدمين لتحديد مخزون الحديد في كبد الإنسان.



■ شكل (٦) ممغنطة أنفاس بالمغناطيسية الرئوية

■ المغناطيسية الرئوية

يستنشق عمال المناجم والعاملون باللحام وغيرهم من أصحاب الحرف الصناعية، الغبار المتطاير المحتوي على جسيمات حديدية (فرومغناطيسية) والذي يشكل خطورة صحية واضحة لأن هذه الجسيمات تستقر طويلاً في الرئتين وهي تتمغنط بسهولة وقابلية عالية للتمغنط، لذلك يمكن تعريف المغناطيسية الرئوية على أنها تقنية غير جراحية تستخدم لتحديد محتوى الملوثات الحديدية داخل الرئتين بالاعتماد على قياس مغنطة المتبقية بعد تسليط منطقة الصدر بمجال مغناطيسي خارجي ومن هذه المعلومات يمكن تحديد كمية الغبار الكلية في الرئتين.

تعد المغناطيسية الرئوية أكثر تحسساً بالمقارنة مع جميع التقنيات الحالية المعروفة بدراسة التلوث الرئوي الغباري فعلى سبيل المثال فإن وجود كمية في حدود ١٠ ـ ٣٠ ملي جرام من غبار اللحام في الرئة تكون كافية لكشفها بسهولة باستخدام جهاز السكويد مغناطيسي، بينما يجب أن كمية مقدارها ألف ملي جرام من تلك الغبار مثل الحد الأدنى على تأثير مرئي عند التصوير بالأشعة السينية.

ويمكن تنفيذ هذه التقنية، شكل (٦)، حسب الخطوات التالية:

(أ) وقوف الشخص المطلوب فحصه بين ملفين متوازيين (على شكل دائري أو مربع) ـ ملف هيلمهولتز فيتم تمرير تيار مناسب في الملفين لتوليد مجال مغناطيسي منتظم في المنطقة المحصورة بينهما.

(ب) تمغنط المجال المغناطيسي الناتج على الصدر في حدود ٣٠ إلى ١٠٠ ملي تسلا (لمدة ١٠ ثواني تقريباً) يجعل الجسيمات الحديدية تتمغنط.

(ج) نقل الشخص المدروس ليستلقي على سرير بحيث يكون جهاز السكويد أقرب ما يمكن من الصدر، وأخيراً يتم تسجيل المغناطيسية المتبقية بإجراء مسح شامل لمنطقة الصدر على طول عدة مقاطع عرضية، فإذا كان التركيب للغبار الملوث معروفاً فإن الإشارة المغناطيسية المقيسة يمكن استخدامها لاستنتاج المحتوى الكلي للغبار في الرئتين.

وأخيراً فإن القدرة على تحديد التركيزات المتشكلة من الغبار وبصورة مبكرة باستخدام جهاز السكويد تمنع بإذن الله حدوث الكثير من الأمراض المهنية المعروفة وتمكن من تدارك الحالات قبل استفحالها إلى الحد الذي يستحيل معه الشفاء.

التأثيرات البيوفيزيائية للمجال المغناطيسي الدائم

د. محمد إسماعيل الجوهري



تم اكتشاف الظاهرة المغناطيسية منذ حوالي ٢٥٠٠ عام عندما وجدت بعض قطع من الصخور الحديدية (Magnetites) لها خاصية الانجذاب إلى بعضها البعض، وسميت مغناطيسات (Magnets) نسبة إلى مدينة مجنيسيا (Magnesia) التي تقع شرق تركيا، ويطلق عليها الآن اسم مدينة مانيسا. ولقد اكتشف أيضاً أنه إذا لامس قضيب من الحديد أحد هذه الصخور فإنه يصبح مغناطيساً له القدرة على جذب الأشياء الحديدية الأخرى، وإذا علق هذا القضيب في خيط من منتصفه فإنه يهتز ثم يتوقف عن الاهتزاز مشيراً أحد طرفيه إلى الشمال الجغرافي للأرض ويشير الطرف الآخر إلى الجنوب تقريباً. وهذه هي الخاصية التي استخدمت في الإبرة المغناطيسية الموجودة في البوصلة التي تستخدم في تحديد الاتجاهات عند السفر بالبحر منذ القرن الحادي عشر الميلادي.

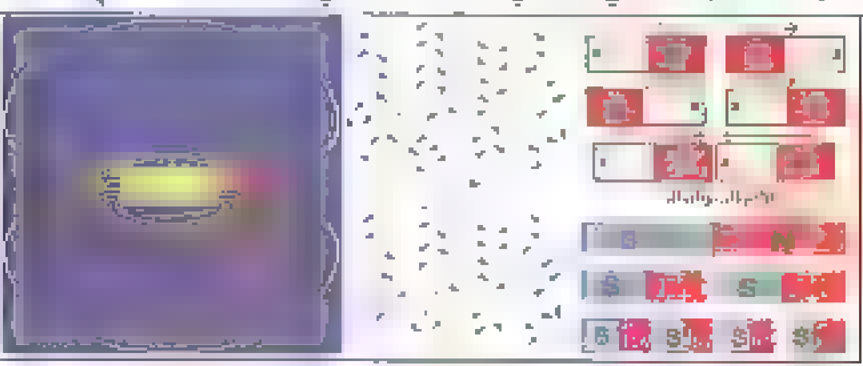
يجذب المغناطيس إليه جميع الأشياء المصنوعة من الحديد والكوبالت والنيكل وغيرها، ويكون إما على شكل قضيب أو حدوة حصان، وله طرفان أو نهايتان تسميان قطبين (Poles): قطب شمالي والآخر جنوبي. ويكون التأثير المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن، والأقطاب المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر. وإذا قسمنا المغناطيس إلى جزأين فإننا لا نحصل على قطب منفرد سواء شمالي أو جنوبي، ولكن نحصل على مغناطيسين كل منهما له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي.

وللأرض مجال مغناطيسي أيضاً كما لو أن قضيباً مغناطيسياً ضخماً موضوع على محور للكرة الأرضية، ويشير أحد طرفي الإبرة المغناطيسية إلى القطب الشمالي الجغرافي للأرض والطرف الآخر إلى القطب الجنوبي للأرض، ولا ينطبق القطب الشمالي المغناطيسي للأرض على قطبها الجغرافي، وكذلك القطب الجنوبي، نظراً لأن الأقطاب الجغرافية للأرض تقع على محور دورانها. وتقاس شدة المجال المغناطيسي في النظام العالمي بوحدة تسمى تسلا (Tesla)، والتي ترتبط بالوحدة المعروفة غاوس (Gauss) حسب العلاقة التالية:

واحد تسلا = ١٠٠٠٠ غاوس

وتعد وحدة التسلا وحدة كبيرة، لذلك يمكن أن نقيس شدة المجال المغناطيسي بوحدة الملي تسلا (mT) أو ميكروتسلا (μT). وحسب هذه الوحدة فإن شدة المجال المغناطيسي للأرض يبلغ حوالي ٥ غاوس، أي ٥ ملي تسلا (5mT).

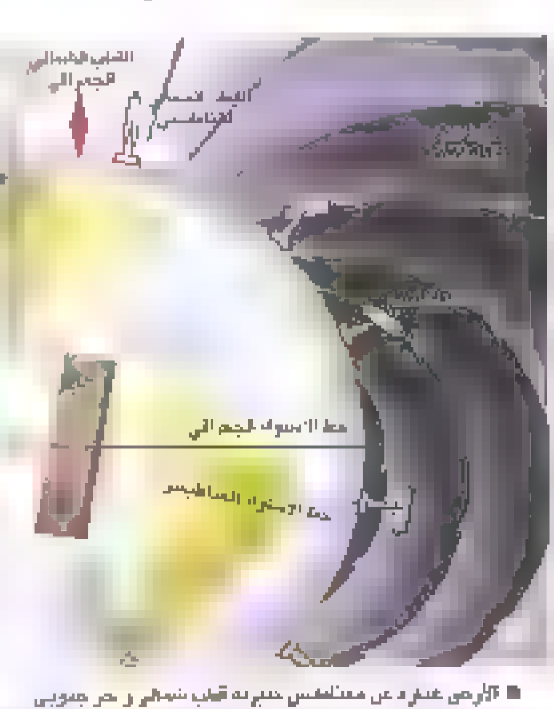
ولا يعد المجال المغناطيسي الدائم المنبعث من مغناطيس إشعاعاً، لأنه ينعدم مع عدم وجود المغناطيس، أما الإشعاع فإنه ينتشر حتى بعد غلق مصدره، وبذلك لا يعد المجال المغناطيسي إشعاعاً، وهذه من الأخطاء الشائعة التي يقع فيها غير



● بعض من الأشكال المغناطيسية

المستخدمين. كذلك يصعب الوقاية من المجال المغناطيسي لأنه يخترق المباني وجسم الإنسان بسهولة بخلاف المجال الكهربائي. ورغم ذلك توجد بعض المواد القادرة على امتصاص المجال المغناطيسي مثل ميوميتال، وهي سبيكة يمكن الاستعانة بها للتخلص من مركبة المجال المغناطيسي في حالة الإشعاع الكهرومغناطيسي من محطات تقوية التليفون النقال

يتعرض الإنسان خلال حياته اليومية إلى قيم مختلفة من المجال المغناطيسي الدائم (الساكن)، إذ أنه يكون تحت تأثير المجال المغناطيسي للأرض مدى الحياة، وذلك بقوة من ٢ [..] إلى ٧ [..] ملي تسلا وتتوقف هذه القيمة على الموقع الجغرافي الموجود به الإنسان. كذلك يكون تأثير المجال المغناطيسي كبيراً على المواد ذات القابلية المغناطيسية الكبيرة (Magnetic Susceptibility) المسماة بالمواد الحديدومغناطيسية (Ferromagnetic) وهي



● الأرض عبارة عن مغناطيس كبير له قطب شمالي وآخر جنوبي


● قرن الميكروويف لها مجالات مغناطيسية ضعيفة يمكن أن يتعرض لها الإنسان

الحديد والكوبالت والنيكل والجادولينيوم وأكسيد الحديد والصلب، إضافة لذلك يتعرض السكان تحت خطوط الضغط العالي إلى مجال مغناطيسي متردد يصل إلى ٣ [..] ملي تسلا، كما يتعرض الإنسان إلى المجال المغناطيسي من المحركات ومكبرات الصوت وأفران الميكروويف والسيرنادات حيث تتراوح شدة هذه المجالات من ١ إلى ١ [..] ملي تسلا حسب البعد عن هذه الأشياء. وعموما تعد هذه مجالات مغناطيسية ذات شدة صغيرة وليس لها أي تأثير بيوفيزيائي على الإنسان

● حدود التعرض

وضع المجلس الوطني البريطاني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) حدود التعرض للمجالات المغناطيسية الساكنة بفترات قصيرة لمجال شدته تصل إلى ٢,[..] تسلا دون أن تحدث أية أضرار للإنسان، وقد أكدت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة (ICNIRP) نفس حدود شدة المجال (٢,[..] تسلا) التي يتعرض لها الإنسان لفترات قصيرة دون أن تحدث له أي تغيرات فسيولوجية في جسمه أو سلوك الكائنات الحية الراقية التي تتعرض لهذه المجالات المغناطيسية. كذلك وضع مختبر لورنس ليفرمور القومي الأمريكي معايير لتعرض الشخصي للمجال المغناطيسي الثابت، ومن هذه المعايير ما يلي:

١- الأشخاص الذين يستخدمون أجهزة تنظيم ضربات القلب والأجهزة التعويضية الأخرى يجب ألا يتعرضوا لمجال مغناطيسي شدته تزيد عن [..] ملي تسلا (١٠ جاوس) ولفترات زمنية قصيرة.

٢- يمكن تعرض الجسم كله لمجال مغناطيسي لا تصل شدته أكثر من ٦٠ ملي تسلا ([..] جاوس) لفترة صغيرة.

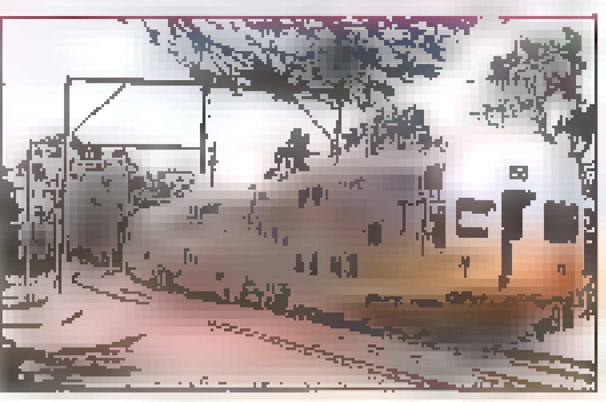
٣- بالنسبة للأيدي والأرجل يجب أن لا تزيد شدة المجال عن [..]٦ ملي تسلا.

٤- يجب أن لا تزيد شدة المجال التي يتعرض لها الإنسان عن ٢ تسلا.

من جانب آخر أوضحت منظمة الصحة العالمية (WHO) أن التعرض لفترات قصيرة لمجال شدته تقل عن ٢ تسلا لا يُحدث أية أضرار صحية للإنسان. وقد أوضح كثير من العلماء مثل هوستر (١٩٩٦) أنه لا يوجد نقص في الخصوبة عند الجنسين أو فقد تلقائي أثناء الحمل (إجهاض) أو مواليد معيبة عند التعرض للمجالات المغناطيسية الدائمة، والتي تصل شدتها إلى [..] تسلا لفترات زمنية قصيرة.

● الرنين المغناطيسي والتيارات الكهربائية

يعد التصوير باستخدام ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي (MRI) أكبر مجال مغناطيسي يمكن أن يتعرض له المريض، إذ من الممكن أن يتعرض إلى شدة مجال من ١,٥- ٧ تسلا أو أكبر لفترة زمنية محدودة ورغم ذلك لا يؤدي هذا التعرض إلى



● القطارات الكهربائية تحدث حولها مجالات مغناطيسية ضعيفة.

أضرار صحية. كما أن المجال المغناطيسي الثابت والناشيء عن القطارات الكهربائية - يصل إلى ٠,٢ ملي تسلا - لا يؤدي أيضاً إلى أضرار صحية بالركاب.

● العلاقة بالسرطان

حتى الآن لا يمكن البت في وجود أي علاقة بين مرض السرطان والأشخاص المعرضين لمجالات مغناطيسية ساكنة حيث يتعرض لهذه المجالات كل من يعيش على الكرة الأرضية ويمارس حياته وسط كل هذه الأجهزة المتعددة والتي يصدر عنها مجالات مغناطيسية ثابتة.

وقد وجد كثير من العلماء مثل تنفورد (T.S. Tenford, 1992) وغيره أنه لا توجد أي تحورات وراثية أو أية تغيرات ناتجة من تأثير المجال المغناطيسي الثابت الذي تصل شدته إلى ٢,٧ تسلا. وقد أثبتت أبحاث كثير من العلماء أن المجالات المغناطيسية بقيم تصل إلى ١,١٥ تسلا ولفترات طويلة لا تؤدي إلى نمو أورام سرطانية في الإنسان.

● الأجهزة والعربات المغنطة

تم في مختبرات شعبة الفيزياء الحيوية بكلية العلوم (بنين) - جامعة الأزهر - قياس المجال المغناطيسي الصادر عن الأحزمة التي تحتوي على مغانط شدة المجال المغناطيسي لها تتراوح ٥٠ إلى ١٠٠ ملي تسلا، حيث اتضح أنه في حدود المسموح به طبقاً للمعايير الدولية المذكورة آنفاً ولفترات زمنية طويلة دون أن تحدث أية أضرار صحية للإنسان. كذلك اتضح أن العربات المحتوية على مقعد السيارة الأمامي - بها مغناطيسات في ظهر المرتبة وفي أسفلها - بها مجال مغناطيسي تتراوح شدته بين ٥ إلى ١٢ ملي تسلا. وهي أيضاً في حدود المسموح طبقاً للمقاييس العالمية في هذا الشأن ولا ينتج عنها أي أضرار صحية للإنسان حتى عند التعرض لها لفترات زمنية طويلة تصل إلى ١٢ ساعة يومياً.



● المجالات المغناطيسية للعربات لا تضر الصحة.

التطبيقات الإيجابية

للمجال المغناطيسي الثابت إيجابيات حسنة تتمثل في استخدامه كعلاج للأمراض وكعلاج طبيعي ومن ذلك ما يلي:

● علاج الأمراض

أوضحت أبحاث بعض العلماء أن المجال المغناطيسي الثابت الذي تتراوح شدته ما بين ٤ إلى ٦,٢ تسلا توقف النمو السرطاني للعقد الليمفاوية. وتوقف أيضاً ورم الحبية عند ٧ تسلا. كذلك أوضحت بعض نتائج الأبحاث أن المجالات المغناطيسية من ٠,١٢ إلى ٢ تسلا ليس لها أي تأثير على جهاز مناعة الحيوانات، كما بينت التجارب أن وضع مغناطيسات صغيرة في مخ الفئران أدى إلى تقوية جهاز المناعة عندها.

● العلاج الطبيعي

بات كثير من أطباء العلاج الطبيعي على تخفيف آلام المرضى - مثل آلام الرقبة والمفاصل - بوضع مغناطيسات صغيرة ذات شدة مجال مناسبة تصل أحياناً إلى ٥ ملي تسلا في أماكن هذه الآلام، ويعد فترة من استخدامها تزول هذه الآلام وعليه يتضح أن المجال المغناطيسي الثابت ذو الشدة المنخفضة له فوائد صحية للإنسان وليست له أضرار كما يدعي البعض. وقد تم في مختبر شعبة الفيزياء الحيوية بجامعة الملك سعود بإجراء تجارب دراسة التأثيرات البيوفيزيائية للمجالات المغناطيسية المختلفة على قوة الإجراء الحركي بعضلة الأرنب بعد تعريضها لعدة مجالات مغناطيسية. وقد استخدم لهذا الغرض ثلاثة أنواع من المجالات هي:

● أحزمة ممغنطة للعلاج الطبيعي.

الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية

١- مجال مغناطيسي ثابت صغير ٥ ملي تسلا

٢- مجال مغناطيسي ثابت كبير تصل شدته إلى ١ تسلا

٣- مجال مغناطيسي متردد ٥ ملي تسلا هرتز

وقد أوضحت هذه الأبحاث أن المجالات المغناطيسية الساكنة ذات القيمة الصغيرة والكبيرة ليس بها تأثير يذكر على قوة الأداء الحركي لعضلة الثلاثية للإنسان حتى بعد تعريضها لفترات زمنية طويلة (١٠ أيام للمجال الصغير و ١٢ ساعة للمجال الأكبر شدة) كما اتضح أن هناك تأثير واضح للمجال المتردد (الصغير) بمعدل ٥ ملي تسلا / ٥٠ هرتز حيث ساعد على زيادة قدرة عمل العضلة دون إجهاد أي أن للمجال المتردد فوائد صحية أيضاً.

المراجع

1- Douglas C. Giancoli, (1995), Physics, Prentice Hall international editions, pp. 558-58

2- Hugh D. Young (1992) university physics, Addison-wesley company pp. 772-826

3- Moulder JE, (1996), "Biological studies of power-frequency fields and carcinogenesis" IEEE Eng Med Biol 15 Jul/Aug) 3-49

4- Raymond A. Serway (1996), Physics, For Scientists and engineers with modern physics Saunders College Sunburst Saunders college publishing, pp. 864-891

5- Sharaf.M.L., (1983) Biological effects of magnetic field on performance abilities M.D. Thesis, Al Azhar university Faculty of medicine Cairo-Egypt

6- Tenforde T.S. (1992), "Interaction mechanisms and biological effects of static magnetic fields" Automedica, Vol 14 pp. 271-293

7- Walter Hoppe, Wolfgang Lohman, Hubert Markl, Hubert Ziegler (1983), Biophysics, springer-verlag pp. 461-732

الإنسولين يمنع الجلطة الدماغية

أوضحت دراسة حديثة بجامعة بافلو بالولايات المتحدة أن الإنسولين يمنع سلسلة من التفاعلات التي تؤدي إلى تجلط الدم عند الأشخاص المعرضين لنوبات القلبية، وبالتالي الحيلولة بإذن الله دون إصابتهم بالسكتة الدماغية

أظهرت الدراسة المذكورة، نشرت في مارس ٢٠٠٢ بمجلة القلب الأمريكية، أن أخذ الإنسولين والجلوكوز بالوريد يمنع عمل المورثات المسؤولة عن تجلط الدم في الأنسجة المحيطة بالأوعية الدموية.

ويذكر بريش داندونا (Paresh Dandona) رئيس فريق الدراسة المذكورة أن أبحاثهم السابقة أوضحت -لأول مرة- أن للإنسولين أثر مضاد في منع التهابات جدران الأوعية الدموية، كما أماطت اللثام عن فائدة أخرى للإنسولين تتمثل في تخفيفه لحويصلات سكر الدم. ويضيف داندونا أنه يمكن استخدام الإنسولين لإزالة الجلطة عند هؤلاء الأشخاص المعرضين لها.

ويشير داندونا إلى أن دراسة سابقة أجريت بالسويد قد أوضحت فائدة الحقن الوريدي بالإنسولين والجلوكوز ومكملات قليلة في علاج حالات الذبحة القلبية الحادة. وأن دراستهم المذكورة قد أوضحت الآلية التي يعمل بها الإنسولين لأنها حددت مورثات المسؤولة عن التهابات الأوعية الدموية والتخثر.

ويذكر داندونا أن الدراسة الحالية انصبت على المورث (Early Growth gene- "Egr-1") المسؤول عن التهابات الأوعية وعلاقته بتركيز نوعين من البروتين هما عامل النسيج (Tissue Factor- TF) وكابح المنشط (Plasminogen activator Inhibitor-1 "PAI") حيث أن المورث المذكور (Egr-1) يستجيب فوراً لأي مؤثرات متعلقة بحرمان الأنسجة من الأكسجين وأي تلف يحدث للأوعية الدموية. ويضيف داندونا أن هذا المورث يبدو مسؤولاً عن حالات تصلب الشرايين عند الإنسان والفئران، ويوضح داندونا قائلاً أن البروتين (TF) يعمل على وقف سلسلة من التفاعلات المؤدية إلى تكوين مادة الفيبرين (Fibrin) -الألياف المكونة لتجلط الدم- بينما يعمل بروتين (PAI-1) على منع التجلط.

ويضيف داندونا أن دراستهم تلخصت في معالجة عشرة أشخاص لديهم مستويات عالية من العوامل المذكورة بسبب السمنة بالحقن الوريدي بالإنسولين وسكر الديكستروز، حيث كان الغرض من إضافة الإنسولين.

تم في الدراسة المذكورة أخذ عينات الدم قبل الحقن الوريدي وبعده بساعتين وأربع ساعات وست ساعات.

أظهرت تحاليل عينات الدم المذكورة انخفاض المورث (Egr-1) والبروتيني (PAI-1) و(TF) بنسبة ٤٧٪ و٥٨٪ و٨٥٪ على التوالي خلال أربع ساعات، مما يؤكد على أهمية الإنسولين في التفاعلات الخاصة بتجمد الدم وسيولته.

المصدر:
WWW Sciencedaily Com/2002/03/ 02032207 ,3/22/2002





سخانات المياه الكهربائية

إعداد: د. ناصر بن عبدالله الرشيد

يحتاج الإنسان إلى الماء الساخن في جميع الأوقات (صيفاً وشتاءً) لمعظم احتياجاته اليومية كالاستحمام وغسيل الملابس والأواني وغيرها. وقد كان في السابق يحصل على حاجته عن طريق التسخين المباشر على النار، خصوصاً أيام البرد القارس. ومع مرور الزمن وتعدد وسائل الرفاهية اخترع الإنسان سخان الماء الذي يغذي المنزل بكامله أو جزء منه بالماء الساخن، وما على الشخص إلا أن يدير الصنبور فينساب ماءً ساخناً يستطيع التحكم بدرجة حرارته حسب حاجته.

تختلف سخانات الماء من مكان إلى آخر حسب نوع الطاقة المستخدمة، فقد تعمل بالغاز، أو بالكهرباء، أو بالطاقة الشمسية، أو بالكهرباء والطاقة الشمسية معاً، حسب توفر تلك الطاقة، وملاءمتها من حيث التكلفة. كما تختلف في أشكالها، مثل السخان ذو المقطع الدائري أو المستطيل أو المربع، وألوانها لكي تتناسب مع محيطها، وسعاتها التي تتراوح ما بين [illegible] إلى ١٢٠ لتر. وفي هذا العدد سنستعرض السخانات العاملة بالطاقة الكهربائية.

مبدأ عمل السخان

يعتمد عمل السخان الكهربائي على مبدأ التسخين الناتج عن مرور التيار الكهربائي في موصلات الفلزية نتيجة للمقاومة التي تبديها تلك الموصلات، وكلما زادت مقاومة الموصلات زادت الحرارة الناتجة، وهذا ما يحدث في عنصر التسخين في السخان الكهربائي الذي يتميز بمقاومته العالية، حيث يقوم معظم الحرارة بتوصيل التيار لعنصر[illegible] عنصري التسخين [illegible] فترتفع حرارته

فتنتقل هذه الحرارة إلى الماء [illegible] الحمل على توزيع الحرارة على مياه الخزان بالتساوي. وعندما تصل درجة حرارته إلى الدرجة المطلوبة يفصل منظم الحرارة التيار عن عنصر التسخين دائماً.

يظل الماء محتفظاً بحرارته لأطول مدة ممكنة وذلك لوجود العازل الحراري، فإذا انخفضت حرارته عن [illegible] الحراري يستشعر ذلك ويقوم بتوصيل التيار بعنصر التسخين لتعويض ذلك الانخفاض ثم يفصل التيار بعد ذلك، وهكذا يحتفظ السخان بمياه الساخنة عند درجة حرارة معينة.

أنواع السخانات

تصنف السخانات من حيث طاقتها وإمكانياتها التسخينية إلى نوعين، هما:

- **السخان الفوري**

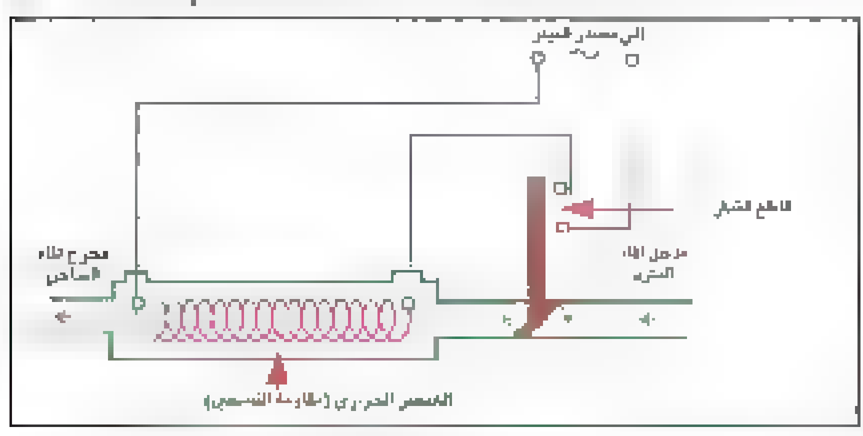
يركب هذا النوع من السخانات على صنبور الماء أو على خط التغذية الرئيسي لدورة مياه أو مطبخ، ويوصل إليه التيار من أحد المقابس الكهربائية الموجودة في نفس المكان أو قريبة منه، وله وضعيتان فقط للتسخين: ضعيفة ومرتفعة. ويتميز بانخفاض استهلاك الطاقة لتسخين المياه لأن الطاقة لا تستهلك إلا أثناء استخدام الماء الساخن، كما يتميز باستمرارية تدفق المياه الساخنة لفترات طويلة جداً وسرعة تدفق مياه الساخنة بعد فتح الصنبور مباشرة، مما يقلل من استهلاك المياه.

يتكون السخان الفوري عادة، كما في الشكل (١)، من جزئين أساسيين هما: عنصر التسخين، ويتألف من سلك مقاومة Resistance مصنوع من خليط سبيكة النيكل كروم، يلف عنصر التسخين بأنبوب محكم التثبيت على [illegible]، ويوجد أكثر من نوع قدرة محصورة ما بين [illegible] ١٥ [illegible] ٢ واط تستخدم بعملية التسخين الفوري.

قاطع التيار: ويتحكم بفصل وإيصال التيار الكهربائي عن طريق دائرة بضغط الماء، حيث يوصل نقطتي التماس عند وجود تيار مائي، ويقطع التيار الكهربائي عند توقف جريان الماء بمجرد قفل صنبور الماء أو [illegible].

- **السخان المخزني**

يطلق على هذا النوع اسم السخانات البطيئة أو التراكمية لأن عملية التسخين فيها تتم ببطء، ويخزن كم الماء الساخن ويحتفظ بحرارتها، وهي [illegible] الاستعمال. ويمكن تصنيفها أيضاً إلى نوعين: سخانات عمومية تستخدم في أغراض متعددة

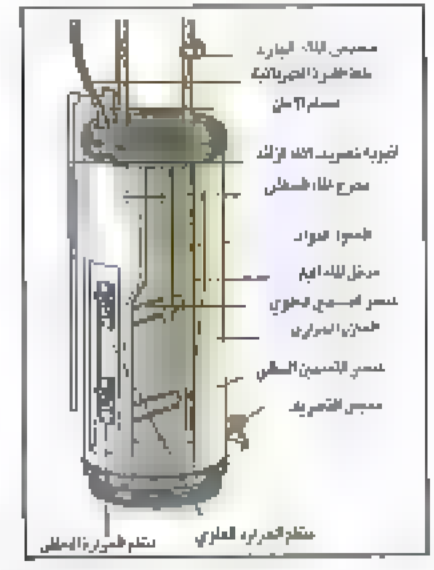


● شكل (١) مكونات السخان الفوري

ويستخدم فئة كبيرة من الناس، كالمحلات التجارية، والنوادي، والمدارس، والمستشفيات، والورش الصناعية وغيرها. أما النوع الثاني فيطلق عليه السخان التجوري، وهو شائع الاستخدام في مدن... تتكون السخانات البيتية (التراكمية) الكهربائية شكل (٢) من عدد من الأجزاء من أهمها ما يلي:

● خزان الماء: وهو مصنع بشكل إسطواني من فلز يتم اختياره حسب نوع المياه ومصادرها، فإذا كانت المياه حامضية يصنع الخزان من سبائك فلزية مقاومة أساساً للتآكل، أما إذا كان الماء عسراً فيفضل صناعته من سبائك الصلب المقاوم، وقد يصنع من الفلز المجلفن أو المغلف بطبقة البورسلان تحت الحرارة بمقاومة الصدأ والتآكل والاهتراء، ويحاط من الخارج بغلاف فلزي يفصل بينهما مادة عازلة، مثل الصوف الزجاجي أو الألياف أو اللباد أو مواد أخرى لتقليل الفقد الحراري، وللمحافظة على حرارة الماء أطول مدة ممكنة. قد يكون السطح العلوي من الخزان مقوساً لكي يتحمل الضغط، إضافة إلى ذلك فإنه يجب ترك حيز إضافياً يسمح بتمدد الماء عند التسخين، كما يجب أن تكون حواف الوصل الخزان مصنوعة بطريقة جيدة، والتأكد من ذلك باختبارها تحت ضغوط عالية.

● عنصر التسخين: ويعد مع المنظم الحراري أهم أجزاء السخان، وهو عبارة عن سلك مقاوم ملفوف بشكل لولبي داخل أنبوب من الحديد أو النحاس ويحاط بعازل من ... الحراري ... عازل حراري، ويتم إقفال أطراف العازل بمادة تمنع تسرب الماء ... قدرة ... عنصر التسخين ما بين ... إلى ... واط، وقد يزود السخان بعنصر تسخين إضافي عند أعلاه إذا كان كبيراً لزيادة كفاءته.



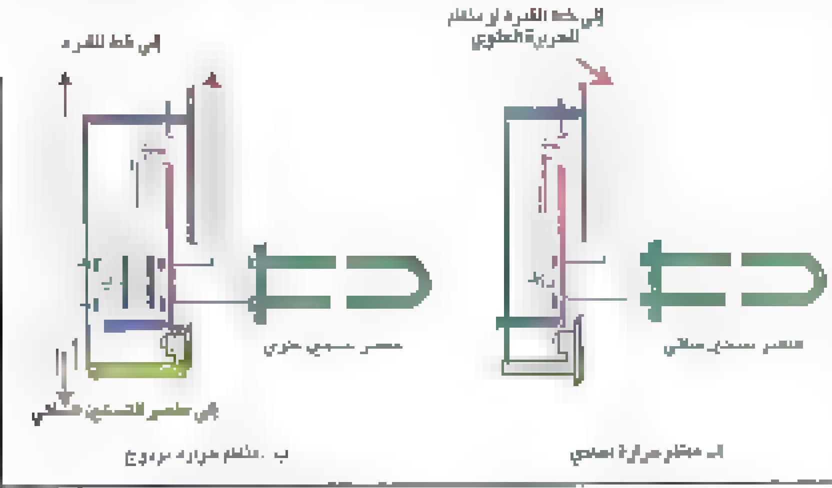
● شكل (٢) مكونات السخان البيتي (سخان عمودي).

يأتي عنصر التسخين على أشكال مختلفة، شكل (٣) تبعاً للطاقة المستهلكة إلا أنها جميعاً تعمل بنفس النظرية. ويثبت عنصر التسخين في السخان إما على أحد جوانب السخان كما في السخانات العمومية، أو على سطحه السفلي كما في السخانات التجارية، ويكون تثبيته بطريقة يمكن معها إخراجه بسهولة عند الحاجة لفحصه أو تغييره.

● منظم الحرارة (Thermostat): وهو ضروري بجميع سخانات المياه، والغرض منه التحكم في فتح وغلق الدائرة الكهربائية بعنصر التسخين (تم استعراضها بالتفصيل في العدد السابق)، وذلك لإبقاء درجة حرارة الماء عند الحدود المطلوبة.

يوجد بسخانات المياه نوعان من منظمات الحرارة هما منظمات الأحادية وتتحكم في عنصر تسخين واحد، والمنظمات الثنائية مزدوجة، وتوجد غالباً في السخانات العمومية التي تحتوي على

● شكل (٣) الأنواع المختلفة لعنصر التسخين



● شكل (٤) منظمات الحرارة المستخدمة في السخانات العمومية

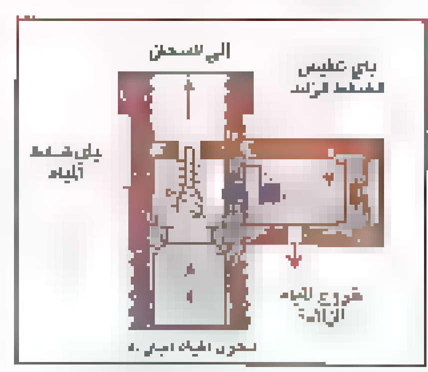
عنصري تسخين، شكل (٤).

يتحكم منظم الحرارة الثنائي في فرق ... بكل من عنصري التسخين العلوي والسفلي، حيث يؤدي دائرة عنصر التسخين العلوي عندما تنخفض درجة حرارة الماء في الجزء العلوي من السخان عن حد معين، ويفتح دائرة عنصر التسخين في الجزء السفلي، أما عندما يبرد الماء في الجزء السفلي فإن المنظم يغلق دائرة عنصر التسخين في هذا الجزء ويفتح دائرة عنصر التسخين في الجزء العلوي.

● عمود الحماية: وهو عبارة عن عمود من المغنيسيوم ويمتد داخل خزان السخان العمودي، ويقوم هذا العمود بحماية جدار الخزان من التآكل خصوصاً في مناطق المياه العسرة حيث يتفاعل معها مباشرة بدلاً من تفاعلها مع جدار الخزان، ولذلك فإن هذا العمود يتآكل خلال سنوات قليلة ويجب فحصه من آن لآخر وذلك بإخراجه وقياس سمكه الذي يجب أن يتراوح ما بين ٢٥ إلى ٣ سم... فإذا كان أقل من ذلك يجب تغييره مباشرة، أما بالنسبة للسخانات التجارية فلا تحتوي على مثل هذا العمود نظراً لأن مياه المنازل تكون في الغالب عسرة.

● صمام الأمان: وهو عبارة عن صمام تنفيس يسمح من خلال أنبوبة التفريغ بتسرب الماء وبخاره عندما يزيد الضغط داخل السخان عن حد معين (٦ كجم لكل سنتيمتر مربع) حتى لا ينفجر. يثبت صمام الأمان عادة على السطح العلوي للسخانات العمومية. ويمكن التأكد من أن الصمام يعمل بصورة جيدة بالضغط على الرافعة الموجودة أعلى الصمام فإن انساب منها الماء دل ذلك على أنها سليمة، ويجب أن تمنع صمام الأمان عند تركيبه من أداء وظيفته بالعمل على دفع الماء إلى الخارج.

● الصمام وحيد الاتجاه: ويعمل على الحيلولة دون رجوع الماء الساخن باتجاه أنبوب التغذية بالماء البارد، حتى لا يؤدي إلى هدر جزء كبير من الطاقة. ويوجد مع هذا الصمام شبك معدني يمنع مرور المواد الغريبة مثل الرمل والتراب إلى داخل السخان.



● شكل (٥) صمام الأمان بالسخان التجاري.

يدمج أحياناً في السخانات من نوعه الصغيرة، أو التجارية صمام الأمان مع الصمام وحيد الاتجاه في صمام واحد شكل (٥)، حيث يؤدي مهمتي التنفيس عند ارتفاع الضغط، ومنع رجوع الماء من خلال أنبوبة الدخول.

● مقياس درجة الحرارة: ويوجد عادة على غلاف السخان، وله مؤشر يتحرك على تدريج يحمل أرقاماً أو معلم بسهم تزداد المسافة بين خطيه كلما ارتفعت درجة الحرارة، أو على تدريج معلم بأرقام تدل على درجة الحرارة، شكل (٦).

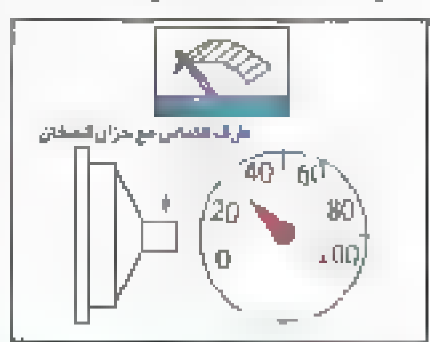
تختلف السخانات في طريقة قياس درجة حرارة الماء فبعض السخانات تزود بمقياس يعمل على التمدد الحراري، وفي هذه الحالة يجب أن يلامس الزئبق من خلال فتحة الغلاف الداخلي للسخان لكي يتحسس التغير في درجة الحرارة، وفي بعضها يتم تحديد درجة حرارة الماء من خلال مفتاح مع مؤشر، فعنصر التسخين يضيء عندما تكون دائرة عنصر التسخين مغلقة وينطفئ عندما تفتح.

صيانة السخانات

تشمل صيانة السخانات ما يلي:

● التصفية

يؤدي بقاء المياه في خزان السخان لفترة طويلة إلى تكون الصدأ وترسب الأملاح، وبالتالي إلى تلف السخان، ولتلافي ذلك يجب تفريغ المياه من السخان الكهربائي كل فترة تتراوح ما بين ٣ إلى ٦ شهراً على مدار العام، أما إذا كانت المياه المستخدمة من النوع العسر فإنه يجب تفريغ الماء كل شهر



● شكل (٦) قياس درجة الحرارة.

ويتم ذلك بفتح صمام الصرف في الجانب السفلي للخزان وترك الماء يخرج حتى يصبح نظيفاً، وهذه العملية تمنع ترسب المواد في قاع الخزان. أما عند وجود هواء محبوس داخل الخزان فإنه يجب فتح صمام التنفيس لكي يسمح بتدفق الماء وخروجه.

ومع أن السخان الكهربائي لا يوجد به صمام لتصريف الماء حتى تنظيفه نزع صمام الأمان وصلات الماء ومحاولة ملئه بالماء وتفريغه عدة مرات.

يجب قبل البدء في تنظيف السخان أخذ الاحتياطات اللازمة حتى لا يتعرض من يقوم بذلك للخطر، ومن تلك الاحتياطات ما يلي:

١- فصل التيار الكهربائي.

٢- ترك الماء داخل خزان السخان حتى يبرد.

٣- قفل صمام مدخل الماء.

● تبديل المنظم

يجب تبديل منظم الحراري إذا ثبت الفحص عدم صلاحيته أو عدم كفاءته، ويتم ذلك حسب الخطوات التالية:

١- فصل التيار الكهربائي عن السخان.

٢- فك الأسلاك الموصلة بالمنظم الحراري.

٣- سحب منظم الحراري واستبداله بجديد من نفس الطراز.

● تغيير عنصر التسخين

يجب تغيير عنصر التسخين إذا ثبت عدم صلاحيته، حسب الخطوات التالية:

١- تفريغ السخان من الماء.

٢- فك المنظم الحراري ثم فك المسامير المثبتة لعنصر التسخين، وسحبه من مكانه.

٣- تنظيف السخان من الداخل بالماء.

٤- تركيب عنصر التسخين الجديد وتركيب المنظم الحراري.

كشف الأعطال وإصلاحها

يتعرض السخان كغيره من الأجهزة الكهربائية لكثير من الأعطال التي يمكن علاجها من قبل أحد أفراد الأسرة وقد لا يحتاج في أغلب الأحوال إلى مختص، ويوضح جدول (١) هذه الأعطال وكيفية إصلاحها.

المصادر

جابر محمد الأبيض ١٩٩٢م الأجهزة المنزلية الكهربائية: طرق التشغيل والصيانة، الدكتور دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر.

محمد عبدالرحمن الطيبي ١٤١٨هـ إصلاح الأجهزة الكهربائية، دار النيل.

أحمد عبدالمتعال ومصطفى سليمان ١٤١٩هـ دليل صيانة وإصلاح الأجهزة المنزلية، دار مصر للطباعة.

العطل	الأسباب المحتملة	العلاج والإصلاح
لا يوجد ماء ساخن	١- لا توجد كهرباء	افحص المصهر أو قاطع الدائرة الفرعية بلوحة التوزيع بالشقة
	٢- عطل في مفتاح التشغيل	افحصه وتأكد من سلامته وإذا كان معطلاً قم باستبداله.
	٣- وضع وحدة التحكم بالحرارة خاطئ	تأكد من أن وضع مفتاح وحدة التحكم بين ٥٠ م و ٧٠ م
	٤- المنظم الحراري العلوي معطل	ارفع غطاء المنظم وافحصه وإذا كان معطلاً قم باستبداله
	٥- المنظم الحراري السفلي معطل	ارفع غطاء المنظم وافحصه وإذا كان معطلاً قم باستبداله
	٦- عنصر التسخين العلوي معطل	ارفع غطاء المنظم وافحصه وإذا كان معطلاً قم باستبداله
	٧- عنصر التسخين السفلي خرب	ارفعه وافحصه واستبدله إذا كان معطلاً
الماء الساخن ليس كافي	١- ضبط وحدة التحكم على درجة حرارة منخفضة	قم بضبطها بين درجتي الحرارة ٥٠ م و ٧٠ م
	٢- صنابير مياه ساخنة تسرب مياه	قم بإصلاحها أو استبدالها
	٣- مواسير تسرب للحرارة	قم بعزلها حرارياً
	٤- عطل بالمنظم الحراري	افحصه وإذا كان خرباً استبدله
	٥- مواسير ممتدة بالجدران	قم بتغليف المواسير
	٦- الخزان صغير جداً	قم بتغييره بخزان أكبر
المياه ساخنة جداً أكثر من اللازم	١- وحدة التحكم موضوعة على درجة حرارة عالية جداً	حاول وضعها بين درجتي ٥٠ م و ٧٠ م
	٢- عطل في المنظم الحراري	افحصه واستبدله إذا كان خرباً
	٣- صنابير المياه الساخنة مفتوحة	قم بإصلاحها
تسرب مياه من الخزان	١- تآكل جدار الخزان	قم باستبداله بآخر
السخان يصدر ضوضاء أثناء التسخين	وجود رواسب في الخزان تتحرك مع تيارات الحمل بالمياه وتصطدم بجدران الخزان	قم بتفريغ وتنظيف الخزان من الداخل

● جدول (١) أعطال السخان الكهربائي وكيفية إصلاحها.



الأشعة من حولنا

صدر هذا الكتاب عام ١٤٢٣هـ/٢٠٠٢م، وهو الإصدار الثالث من سلسلة كتيبات التوعية العلمية التي تقوم بنشرها الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

قام بتأليف الكتاب الدكتور محمد فاروق أحمد، ويتناول من خلال صفحاته الاثنتي والتسعين من القطع المتوسط وفصوله الخمس المواضيع التالية:

الأشعة الكهرومغناطيسية، طيف الأشعة الكهرومغناطيسية، التأثيرات الضارة لبعض أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية، أشعة الليزر، الأشعة المرئية.

متلازمة داون

صدر هذا الكتاب عام ١٤٢٢هـ من مطابع يورمصة بالرياض بالمملكة العربية السعودية، وهو من تأليف الدكتور سعود بن عيسى ناصر الشق.

يبلغ عدد صفحات الكتاب ٢٦٧ صفحة من القطع المتوسط، ويتناول من خلال فصوله الإحدى عشر المواضيع التالية:

مقدمة تاريخية وتعريفية، المفاهيم الصحية، المشاكل السلوكية، التدخل المبكر، التعليم، الدمج، المهارات الحركية والاتصالية، دور الأسرة وإرشادها، نحو تأهيل شامل، دور التوعية الصحية والتوعية الإعلامية، قضايا معاصرة.

الجينوم

قدم مؤلف هذا الكتاب محرر مجلة علم وراثة الطبيعة العالم كيفن ديفيس، وتم تعريبه عام ١٤٢٣هـ/٢٠٠٢م بواسطة الدكتور ياسر العيتي.

قامت بإصدار الطبعة العربية مكتبة العبيكان بالرياض، وتأتي هذه الطبعة في ٤٧٨ صفحة من القطع المتوسط، وتضم إحدى عشر فصلاً بالإضافة للمقدمة والمصطلحات وكلمات الشكر.

تناول الكتاب من خلال فصوله المذكورة قصة السباق نحو رموز الحمض النووي منقوص الأكسجين الخاص بالبشر وذلك كما يلي:

فرسان الهولي، المرسوم، قراءة كتاب الحياة، بين النمر والتحسين، الأسس، دائرة محاكاة، كنوز العوالم المفقودة، القتال الثمين، حكايتنا، الشيفرة الشبه، اليوم التام، عن الحق العجيب.

المجموعة الحيوانية في شبه الجزيرة العربية

صدر لعام ٢٠٠٢م مجلد التاسع عشر لمجموعة الحيوانية في شبه الجزيرة العربية، وهي مجلة علمية تأسست عام ١٩٧٩م بإشراف متحف التاريخ الطبيعي في بازل بسويسرا التي قامت بنشر المجلدات من ١ - ١٨، ويجيء هذا الإصدار تحت إشراف صاحب السمو الملكي الأمير سعود بن فيصل بن عبدالعزيز، ورئاسة تحرير فريدهلم كروب، وإصدار مشترك بين مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية والهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وإنمائها، كلاهما بالمملكة، ومعهد وحديقة ومتحف سنكنبرج للتاريخ الطبيعي في فرانكفورت بألمانيا.

تبلغ عدد صفحات المجلد ٦١٥ من القطع الكبير، ويبدأ بتقديم لصاحب السمو الملكي الأمير سعود بن فيصل بن عبدالعزيز العضو المنتدب للهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وإنمائها، وافتتاحية لمعالي الدكتور صالح بن عبدالرحمن العذل رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

تناولت الصفحات التالية من المجموعة عدد من الأوراق العلمية المحكمة الخاصة بمجموعة الحيوانية بشبه الجزيرة العربية عددها ٢٠ ورقة، حيث تم تقديمها باللغة الإنجليزية مع ملخص باللغة العربية.

الفيزياء الحيوية

أ. عبدالله بن حمد العسكر

صدر [illegible] كتاب [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] الدكتور [illegible] [illegible] [illegible]
والدكتور السيد عوض جعفر من كلية العلوم بجامعة القاهرة.

[illegible] الكتاب في ٣٥٦ صفحة من القطع [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] إضافة إلى مقدمة [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] الفصل الأول: الميكانيكا الحيوية [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] الأنسجة [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] المرونة على جسم الإنسان أثناء حركته وسكونه، مشيرين إلى أنه مقوانين ميكانيكا البرائع تمكن العلماء من إيجاد [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] معدل سريان الدم في الشرايين، إضافة إلى بعض التطبيقات الإحيائية ومنها تشخيص ضغط الدم باستخدام [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] في الفصل الثاني: الديناميكا الحرارية [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة [illegible] [illegible] واحدة، وأن كمية الحرارة المكتسبة [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] بعض مصطلحات الخاصة بالديناميكا الحرارية وقوانينها مثل تغير الحالة والشغل والحرارة وقانون بقاء الطاقة في جسم الإنسان موضحين أن طاقة الطعام تقاس بالسعر [illegible] [illegible] [illegible] معدل الطاقة الناتجة يقاس بالكيلو كالوري [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] لانتقال الحرارة وهي التوصيل والحمل والإشعاع مع ذكر تعريف التوصيل الحراري بأنه انتقال الحرارة خلال مادة من نقطة لأخرى نتيجة حركة [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] العوامل التي يتوقف عليها التوصيل الحراري [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] وخلط السوائل المبردة تبريداً عالياً واستخدامها على المدى البعيد من الحفظ والتخزين، كما أوضح المؤلفون أن وسائل [illegible] [illegible] [illegible] بعض أمراض ضغط الدم، كما أنها تعمل على حفظ الدم وتخزين العظام والأنسجة [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

وفي الفصل الثالث: الكهربية الحيوية [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] يتغير كهربائي، لذا فإن دراسة الظواهر [illegible] [illegible] [illegible] شأنها أن تساعد على فهم حقائق كثيرة [illegible] [illegible] [illegible]، وبعد ذلك تطرق المؤلفون إلى القوانين التي تحكم القوى الكهربية والمجال الكهربائي والتيار والجهد المستمر والتحليل الكهربي والتيار والجهد [illegible] للقيمة الفعالة للتيار المتردد من خلال [illegible] [illegible] [illegible] الأمثلة التطبيقية، كما تم استعراض الدائرة الكهربية ذات منبع [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] مع إيراد مقاطع [illegible] [illegible] وعن كهربية الخلية الحية ذكر أن أغشية الخلايا وأغشية البلازما والأغشية [illegible] والشبكة الإندوبلازمية جميعها ذات خواص عامة ترتبط بوجود فرق جهد كهربي بين داخل الغشاء وخارجه، وأن الوظيفة الحيوية للخلايا الحية تعتمد أساساً على السلوك الكهربي للغشاء الذي يحافظ على التركيب الداخلي [illegible] [illegible] [illegible] لانتقال أيونات [illegible] [illegible] [illegible] وخروجه ويستقبل المعلومات [illegible] [illegible] الخلايا المحيطة ويمررها إلى [illegible] [illegible] [illegible] المؤلفون عن نموذج لنظام الأغشية، والخواص الكهربية للألياف العصبية وتأثير درجة الحرارة على [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] [illegible] في الفصل الرابع: [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] الإلكترودات (الأقطاب)، حيث ذكر أنها تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي أقطاب مصغرة تستخدم لقياس فرق الجهد داخل خلية مفردة، و[illegible] يقاس بها فرق الجهود داخل منطقة محددة من النسيج، وسطحية [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] التشغيل العصبي، وبلا ذلك شرح للمفاهيم الأساسية للمكبرات [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] بجهاز الإلكتروميوجرام، وبالتالي الحصول على معلومات تشخيصية [illegible] رسم النبضات ومحول الطاقة ميكانيكية [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] واسع من الحالات والظروف.

تناول الفصل الخامس: المغناطيسية الحيوية [illegible]

المغناطيسية الطبيعية والصناعية والكهرومغناطيسية، والقوى المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تياراً أو شحنة موضوعتان في مجال مغناطيسي، والأمواج الكهرومغناطيسية مع ذكر الصيغ الرياضية وتطبيقات لكل عنصر مما سبق، ثم تحدث المؤلفون عن المغناطيسية الحيوية والتي يقصد بها تأثير المجالات المغناطيسية الخارجية على الكائنات الحية أو جزء منها، أما عن آليات تفاعل المجالات المغناطيسية ذات التردد المنخفض جداً مع الأنظمة الحيوية فيذكر أنها تتمثل في مجالات الكهربائية التأثيرية والتأثير المباشر للمجال المغناطيسي على الجسيمات المغناطيسية والبلورات الموجودة في الكائن الحي، إضافة إلى ما سبق اختتم هذا الفصل بالتحدث بالتفصيل عن تأثير [illegible] المغناطيسية ذات التردد [illegible] على [illegible] [illegible] [illegible] والأغشية الخلايا.

في الفصل السادس – نظرية الضوء وتطبيقاتها – تحدث المؤلفون عن طبيعة الضوء وخصائصه مثل الانتشار في خطوط مستقيمة، والانعكاس، والانكسار [illegible] والتداخل والحيود والاستقطاب مع ذكر الصيغ الرياضية [illegible] الأشعة [illegible] الضوء [illegible] المؤلفون أن الضوء عامة يصنف طبقاً للأطوال الموجية إلى ثلاثة مناطق هي الأشعة فوق البنفسجية، والضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء. [illegible] تطبيقات [illegible] الأشعة [illegible] الأشعة [illegible] واستخدام الأشعة فوق البنفسجية في [illegible] والاستفادة من [illegible] الأشعة [illegible] في النظام الحي [illegible] واستخداماته الحيوية.

تحتوي الفصل السابع – بصريات الليزر الحيوية – على أربعة مواضيع [illegible] الرئيسة لليزر وأنواع أجهزة الليزر وتصنيفات الليزر الحيوية.

تحت موضوع أساسيات الليزر تناول المؤلفون ظاهرة الإشعاع الحراري وشروط الانبعاث الليزري وهي الانبعاث المستحث، والتعداد المعكوس، والتكبير الضوئي (التضخيم)، والعناصر الأساسية لليزر وهي الوسط المادي، ومصدر الطاقة، والوسط الرنيني ثم تحدث المؤلفون عن الخواص الرئيسة لليزر وهي أحادية اللون، وتوازي الحزم الضوئية [illegible] [illegible] انتقل المؤلفون للحديث عن أنواع الليزر [illegible] وذكروا منها الليزرات البلورية الزجاجية، والغازية، والسائلة [illegible].

أما عن تطبيقات الليزر الحيوية فقد ذكر المؤلفون أن أبحاث وتطبيقات الليزر في مجال الطب [illegible] [illegible] [illegible] حوالي [illegible] وات من الضوء بطول موجي [illegible] النانومتر ضمن نطاق الأشعة تحت الحمراء حيث تمتص المواد العضوية [illegible] الكربون [illegible] على الأنسجة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي إلى [illegible] أو أي درجة [illegible] والنهاية، وتكمن فائدة استخدامه [illegible] على الأنسجة [illegible] [illegible] أقل من العناية بعد الجراحة.

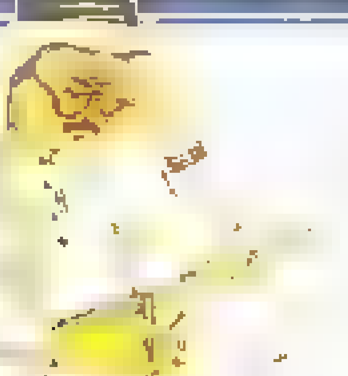
[illegible] الفصل الثامن – نظرية الصوت وتطبيقاتها – [illegible] الصوت [illegible] نتيجة للأجسام [illegible] وعرفوا الموجة الصوتية بأنها اضطراب ينتشر في اتجاه عامودي على اتجاه حركة [illegible] ثم تطرقوا بعد ذلك إلى [illegible] الصوت [illegible] وخصائص الصوت كما تم التعرف على شدة الموجة الصوتية [illegible] الطاقة التي تمر [illegible] (١)م٢/ث، وإلى مفهوم سمك نصف القيمة والذي يقصد به سمك النسيج اللازم لإنقاص شدة الموجة الصوتية إلى [illegible] مع [illegible] الأمثلة، ثم ذكر أنه في عام ١٧٦١م ألف العالم أوينبروجر كتاباً عن استخدام [illegible] [illegible] الصوت [illegible] بعد الطرق عليه، وتلك [illegible] الوسط الذي [illegible] [illegible] وأنواع الموجات المستخدمة في المجال الطبي وتطبيقاتها، وطريقة دوبلر لقياس معدل جريان الدم، والتأثيرات الحيوية للموجات فوق الصوتية [illegible] [illegible] [illegible] والتي [illegible] على [illegible] الصوتية.

أفرد المؤلفون الفصل التاسع – فيزياء الكلام والسمع – للتحدث عن كيفية إنتاج الكلام، فيزياء الأذن والسمع مشيرين إلى أن من خلال حاسة السمع تتكون من النظام الميكانيكي الذي يعمل على إثارة وتنشيط [illegible] في [illegible] الإحساس الذي ينتج الجهد الفعال في العصب السمعي والعضو السمعي الذي [illegible] الذي يستطيع فك شفرة الكلام [illegible] الإشارات القائمة من [illegible] السمعي [illegible] الأذن [illegible] الخارجية والوسطى [illegible] الفصل بالتطرق إلى حساسية الأذن [illegible] [illegible] السمع [illegible] السمع [illegible] والأضرار الناتجة عنه وطرق مكافحته.

يبدأ المؤلفون الفصل الحادي عشر – التطبيقات الحيوية للإشعاع – بالتحدث عن مصادر النشاط الإشعاعي في الطب النووي وذكروا منها اليود المشع، وأشار المؤلفون إلى أن اليود المشع يعد من العناصر المهمة في الطب النووي لأن إنتاجه يتم باستخدام معجل صغير مثل السيكلترون، ثم تم استعراض الكاشفات النووية المستخدمة في الطب النووي مع شرح مبسط وموجز عنها، ووسائل التصوير النووي في الطب مع إيضاح بكيفية استخدام كل وسيلة بصورة مبسطة.

اختتم هذا الفصل بالتحدث عن [illegible] استخدام النظائر المشعة في تشخيص حالات الغدة الدرقية والكلية وتقدير حجم الدم وقياس نسبة المعادن في العظام، تحديد العمر [illegible] الجرعات الإشعاعية في الطب النووي مع إيراد الصيغ الرياضية المستخدمة في القياسات السابقة وحل لبعض الأمثلة.

ختمت نهاية كل فصل من فصول الكتاب المذكورة بإيراد بعض الأسئلة التي [illegible] [illegible] الطلاب [illegible] العلوم الحيوية والطبية والصيدلية في المراحل الأولية من دراستهم. ويؤخذ على مؤلفيه استخدام الرموز غير العربية في جميع الصيغ الرياضية إذ كان بالإمكان استخدام الرموز العربية المقابلة لما تم استخدامه





مسابقة العدد

القطع المعدنية

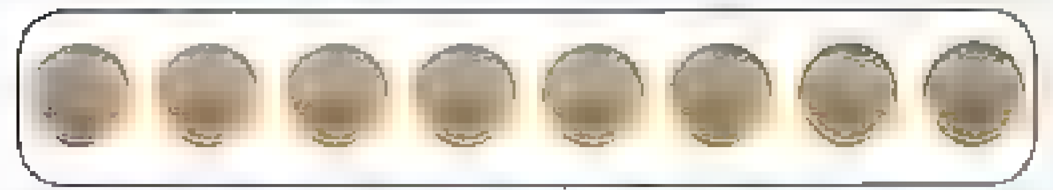
تحريك الأشياء وإعادة ترتيبها بطريقة معينة من المسائل التي تستهوي كثيرًا من الناس وتحيرهم لأنها تحتاج إلى تفكير ونفس صابر، وسؤالنا في هذا العدد سيكون من هذا النوع، وهو كالتالي

يوجد لديك ثماني قطع من عملة معدنية مصفوفة على خط مستقيم واحد كما في الشكل المرفق، والمطلوب إعادة ترتيبها بحيث نحصل على أربع مجموعات كل مجموعة مكونة من قطعتين فوق بعضهما البعض حسب الشروط التالية

١ـ تحريك قطعة معدنية واحدة في كل مرة

٢ـ أن تكون الحركة دائماً في اتجاه واحد (إلى اليمين أو إلى اليسار) في جميع عمليات تحريك القطع المعدنية

٣ـ أن تمر كل قطعة معدنية يتم تحريكها فوق قطعتين أخريين قبل وضعها في مكانها الجديد



أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «القطع المعدنية»، فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل، وستمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله

حل مسابقة العدد السابق

(التحدي)

قراءنا الأعزاء

تعتمد حل هذه المسابقة على مبدأ رياضي شائع، ومعروف لمعظم طلاب وطالبات المرحلة الثانوية والمتوسطة وبعض صفوف المرحلة الابتدائية وهو قانون التناسب وعليه فإن الحل سيكون كالتالي

١- نظراً لأن أشعة الشمس ساقطة فإن فهد يستطيع وضع علامة في المكان الذي يقف فيه وعلامة عند نهاية ظله.

٢- يرقد فهد على الأرض لوضع علامة أخرى تحدد طوله

٣- يقوم بقياس ظل الشجرة الساقط على الأرض.

وبعد ذلك يقوم بالعمليات الحسابية حسب المثال التالي فلو كان طول فهد ١٫٦م وطول ظله ٢م، وطول ظل الشجرة ٢٠ م فإن



$$\frac{\text{طول فهد}}{\text{طول ظله}} = \frac{\text{ارتفاع الشجرة}}{\text{طول ظلها}}$$

$$\frac{١٫٦}{٢} = \frac{\text{ارتفاع الشجرة}}{٢٠}$$

$$= \frac{١٫٦ \times ٢٠}{٢} = ١٦\text{م}$$

أعزاءنا القراء

تلقت مجلة العلوم من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد السابق وبعد أن تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة، وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من

١- علي بن محمد صباغ - مكة المكرمة

٢- عبدالرحمن محمد علي - الرياض

٣- خالد سالم المهوس - حائل

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة

بحـوث علميـة

دراسة ميدانية لشدة المجالات الكهرومغناطيسية في مدينة الرياض

تعد الموجات الكهرومغناطيسية عنصراً من عناصر التلوث البيئي حيث أمكن رصد آثار عديدة لتلك الموجات، منها الأثر الحراري الضار لأجزاء جسم الإنسان مثل الدماغ والعين، والأثر غير الحراري الذي أشارت إليه العديد من الدراسات إلى أنه يتسبب في أنواع عدة من السرطان.

ونتيجة ضرر الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الإنسان ومرضه، فقد زاد الاهتمام بها على المستوى الدولي والمحلي.

ويأتي اهتمام مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بالتلوث البيئي من ضمن أهدافها التي أنشئت من أجلها، ولذلك تعد دراسة التلوث الناجم عن المجالات الكهرومغناطيسية من ضمن هذه الاهتمامات البيئية. ومن هذا المنطلق فقد تم دعم مشروع بحثي برقم أت - ١٠ - ٢٠ لدراسة المجالات الكهرومغناطيسية بمدينة الرياض وآثارها المحتملة على التلوث البيئي.

تم تنفيذ المشروع بجامعة الملك سعود في الفترة من ١٤١٥هـ إلى ١٤١٩هـ وكان الباحث الرئيس الدكتور خالد بن عثمان الحقيل يشاركه نخبة من العلماء بالجامعة هم د. عبدالعزيز بن سالم الرويس و د. مصطفى بن محمد عفيفي و د. فايز بن عبدالله الحرقان.

• مواد الدراسة

شملت الدراسة قياس الإشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة في مدينة الرياض بمختلف أنواعها، بواسطة أجهزة تتناسب مع كل نوع من هذه الإشعاعات وذلك كما يلي:

١- محطات البث الإذاعي والتلفزيوني.
٢- المحطات القاعدية لنظام الهاتف الجوال.
٣- شاشات الحاسب.
٤- الموجات الكهرومغناطيسية في المستشفيات.
٥- مصادر مجالات كهرومغناطيسية منخفضة (مثل: خطوط الجهد العالي، محولات في التجمعات السكنية...).
٦- أفران الميكروويف.

• نتائج الدراسة

خلصت الدراسة - التي استغرقت قياساتها عشرين شهراً - إلى العديد من النتائج الهامة منها ما يلي:

١- بلغت القيم المقاسة حول محطة البث الإذاعي بالموجة المتوسطة حوالي ٨٫٧ فولت/متر وهي وإن كانت أقل بكثير من المقاييس الأمريكية والأوربية إلا أنها تقترب من حدود المقاييس الروسية.

٢- اتضح من النماذج الرياضية للقياسات أن المجال الكهربائي التقديري في المنطقة التي تقع ضمن مسافة أقل من ٢٠٠ متر من هوائيات بث الموجة المتوسطة، يتجاوز الحدود القصوى للمقاييس المختلفة.

٣- اتضح من القياسات الاختلاف الكبير بين شدة المجال الكهربائي خارج وداخل المباني بسبب العزل الكهربي الناتج عن جدران المباني، حيث انخفض المجال الكهربي من حوالي ٩ فولت/متر خارج إحدى الفلل - تبعد ٧٢٠ متراً - إلى حوالي ٢٤ فولت/متر داخلها.

٤- تبين أن قيم المجالات الكهرومغناطيسية داخل الأحياء (أو المباني) السكنية القريبة جداً من المحطات الإذاعية تقل بكثير عن مثيلاتها في المناطق المفتوحة، وقد يعود السبب إلى حجب وامتصاص المباني للإشعاع.

٥- بلغت أعلى قيمة مقاسة لكثافة القدرة الصادرة من محطة التلفزيون حوالي ٨٫٧ فولت/متر عند مسافة ٢٠ متر من برج الهوائي (جوار سور المحطة) وعلى ارتفاع ٢ سم من سطح الأرض وهذا المقدار يتجاوز المواصفات الروسية (٣ فولت/متر). أما في الأماكن الأخرى فإن قيم المجالات المقاسة لا تزيد عن ٣ فولت/متر.

٦- انخفضت شدة المجال الكهربائي إلى حوالي ٥ فولت/متر على بعد ١٨ متر فوق سطح أحد المباني السكنية.

٧- انخفضت شدة المجال الكهربائي كثيراً داخل إحدى الشقق السكنية إلى حوالي ٥ فولت/متر أي بنسبة ٣٦ ديسبل نتيجة امتصاص جدران المبنى في العمق للمجالات الكهرومغناطيسية.

٨- بلغ أقصى مجال كهربائي لمحطات الهاتف الجوال حوالي ٢ فولت/متر على مسافة تتراوح بين ٤ إلى ١٠ متر من برج المحطة، وهو أقل من المواصفات القياسية.

٩- تقل شدة المجال الكهربائي داخل مباني محطات الهاتف الجوال بحوالي ١٢ ديسبل عن خارجه نتيجة للامتصاص.

١٠- تقع ترددات المجالات المؤثرة الصادرة عن شاشات الحاسب دون منتصف العاشر للمسح الرأسي (أقصى قيمة حوالي ٤٠٠ هيرتز)، وأيضاً المنتصف العاشر للمسح الأفقي (قيمة حوالي ٣٠ كيلو هيرتز).

١١- تتأثر القياسات تأثراً شديداً بالأوساط المحيطة بالشاشات وبتغيرات البرامج التي يؤديها الحاسب.

١٢- يتسبب اقتراب رأس المشغل من الشاشة في زيادة عالية لقيمة المجالات الكهربائية أمام الشاشة.

١٣- بالنسبة للمجالات المغناطيسية الناتجة عن

المسح الرأسي بلغ متوسط قيمة المجال الكهرومائي على بعد ٣٠ - ٥٠سم من الشاشات التي تمسح (دون اقتراب رأس المشغل من الشاشة) حوالي ٦٦ فولت/متر وهو أكبر بكثير من المعايير السويدية التي تحدد الحد الأقصى بـ ٢٥ فولت/متر

١٤- بالنسبة للترددات الناتجة عن المسح الأفقي بلغ متوسط قيمة المجال الكهربائي على بعد ٣٠ - ٥٠سم من الشاشات التي تمسح (دون اقتراب رأس المشغل من الشاشة) حوالي ١٤٫١ فولت/متر، وهذا أكبر بقليل من المعايير السويدية في النطاق الذي يحدد بقيمة ١٠ فولت/متر.

١٥- كانت جميع القياسات الخاصة بأجهزة العلاج بموجات الراديو في مستشفيات تحت الحد الأعلى للمواصفات الأمريكية (الحد الأعلى للمجال الكهربائي المسموح به هو ٦١٫٤ فولت للمتر عند تردد ٢٧ ميجاهيرتز و ٨٫٣ (mW/cm2) عند تردد ٢٤٥٠ ميجاهيرتز).

١٦- بلغ الحد الأعلى المسموح به حسب المواصفات خارج غرفة أجهزة الرنين المغناطيسي ٥٫٠ ملي تسلا. وهذا ينطبق على أجهزة الرنين المغناطيسي التي أجريت لها قياسات، ولكن كانت القياسات التي أجريت لجهاز (Philips NT) الموجود في مستشفى الملك فهد بالحرس الوطني فوق الحد الأعلى المسموح به.

١٧- وصل المجال المغناطيسي المنبعث من خطوط نقل الطاقة إلى حوالي ١٣ ملي جاوس تحت خطوط النقل مباشرة، في حين يصل المجال الكهربائي حوالي ١٫٨ كيلو فولت/متر.

١٨- انخفضت المجالات إلى ٠٫٥ ملي جاوس و ١٠ فولت/متر على بعد ١٠٠ متر من خطوط النقل.

١٩- تسبب المجال المغناطيسي المنبعث من محول خفض الجهد في أحد العمائر السكنية في الرياض بمجال بمحل الشقق، حيث تراوح بين ٠٫٨ إلى ١ ملي جاوس، ووصل إلى حوالي ٨ ملي جاوس في إحدى الشقق الواقعة فوق المحول مباشرة.

٢٠- بلغ أقصى مجال مغناطيسي منبعث من أحد المحولات ٦ ملي جاوس على بعد متر من المحول، وانخفض إلى حوالي ٠٫٣ ملي جاوس على بعد ١١ متر.

٢١- تفاوتت مجالات الكهرومغناطيسية المنبعثة من آلات الورش حسب قدرة الآلة وبعد العامل من الآلة (على بعد ٣٠ سم وارتفاع ١٠٠سم)، تراوحت أقصى القياسات من ١٣٨ إلى ١١ أمبير/متر للمجال المغناطيسي و٣ إلى ١١٥ فولت/متر للمجال الكهربائي. وتعد آلة لحام النقطة أكثر الآلات تسريبًا للمجالات، ويعد مجالها المغناطيسي أكبر من حدود منطقة الخطورة. وبالنسبة لمحولات مركز الحاسب بلغ أقصى مجال مغناطيسي حوالي ٣٤٠٠ ملي أمبير/متر، وتراوحت قياسات المجال الكهربائي من ٢ إلى ٩ فولت/متر.

٢٢- يؤثر المكان والزمن ونوع الجهاز على كثافة القدرة المنبعثة من الهاتف الجوال، وهناك اختلاف في الأجهزة من نفس النوع، كما أن المحطة القاعدية تتحكم في مستوى شدة القدرة المنبعثة من هوائي الهاتف، وتراوحت القياسات على بعد ٣سم من الهاتف من ٣ إلى ٧ ملي واط/سم٢ حسب نوع الهاتف والمكان.

٢٣- أوضحت القياسات تسربات متسربة من أفران الميكروويف المستخدمة في المطاعم والمنازل، أنها دون الحد الأعلى المحدد في المعايير وكثير (٥ ملي واط/سم٢).

• التوصيات

انبثقت عن الدراسة العديد من التوصيات من أهمها ما يلي:-

١- دراسة المواصفات المعروفة عالميًا والخاصة بالحدود القصوى للتعرض لمجالات الكهرومغناطيسية بغرض السعي لوضع مواصفات خاصة بالمملكة أو تبني إحدى تلك المواصفات مع وضع منهجية مناسبة لتطبيقها.

٢- إجراء قياسات مستفيضة لمجالات الكهرومغناطيسية داخل منطقة مجال التزييه. إذ إن نتائج هذه القياسات في غاية الأهمية لسلامة العاملين على تشغيله وصيانته ولتحديد الأماكن التي يتجاوز فيها قيم الإشعاع الحدود المسموح بها لتلافي تأثيراته البيولوجية والحرارية.

٣- وجوب أن يحمل العاملين في المحطات الإذاعية مقياس كشف وتنبيه عن مستوى الإشعاع أثناء وجودهم حفاظًا على سلامتهم.

٤- ضرورة أن تتبنى الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس المواصفات السويدية لمجالات المنبعثة من شاشات الحاسب [٨١]. وأن تقوم الجهات المختصة بإلزام موردي شاشات الحاسب بتوضيح اسم المواصفة التي تتوافق معها تلك الشاشات للمستخدم.

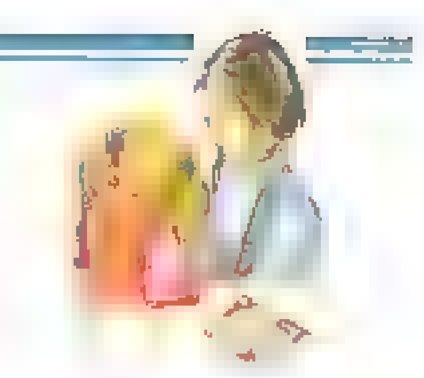
٥- أن تقوم الجهات المعنية بمواصفات المباني السكنية بتوجيه أصحاب المباني إلى مراعاة الأحرام بوضع سكن الموافر الكهربائية جنبًا إلى جنب للتقليل من المجال المغناطيسي المنبعث من تلك الأسلاك داخل المباني السكنية.

٦- أن تقوم شركات الكهرباء باتباع أساليب تحمي من تعرض سكان العمائر التي يوجد بها محولات لخفض الجهد مجالات مغناطيسية تزيد عما هو موجود في المنبعثة من تلك المحولات.

٧- وضع أجهزة العلاج الطبيعي المستعملة بالمستشفيات في أماكن معزولة مغناطيسيًا ووضع كتيب لتوضيح إجراءات السلامة للمرضى والعاملين.

٨- إحاطة آلات الورش عالية القدرة بحواجز كهرومغناطيسية معدنية لتقليل تأثير المجال على العاملين، ووضع تحذيرات من الاقتراب مدة طويلة منها أو من محولات مراكز الحاسب ومعامل وما شابهها بحيث تحمي الكبيرة. وعمل قياسات دورية لمجالات المنبعثة من تلك الأجهزة.

٩- إلزام مستخدمي أفران الميكروويف في المطاعم والأماكن العامة بإجراء قياسات دورية كل ثلاث سنوات للتأكد من عدم إشعاع تلك الأفران موجات تؤثر على سلامة العاملين بجوارها.



من أجل فلذات أكبادنا



نافورة بدون مضخة

تعد النوافير المائية من وسائل الزينة والترفيه، ولذا يبالغ المهندسون والمتخصصون في وضع التصاميم المختلفة التي تسر الأنظار وتضفي مسحة جمالية وتلطف جو المكان الذي توجد فيه. وغالبا ما تحتاج النافورة إلى مضخات تدفع الماء إلى أعلى، وهناك بعض الحيل العلمية لعمل نافورة دون الحاجة إلى موتور أو مضخة، تعتمد على تخفيض الضغط على سطح السائل، فيندفع إلى الأعلى على شكل نافورة.

يسعدنا في هذا العدد أن نقدم لفلذات أكبادنا هذه التجربة المبسطة التي توضح هذا المبدأ.

● الأدوات

حوضين من المعدن أو الزجاج، ودورق زجاجي، وسدادة من الفلين بها ثقبين، وأنابيب زجاجية ومطاطية، وحامل دوارق، ومحبس للأنابيب المطاطية.

● خطوات العمل

١- ثبت أنبوبي الزجاج في سدادة الفلين، بحيث يكون طرف أحدهما على مستوى السدادة من الداخل، والأخرى تبرز إلى الداخل لتصل إلى منتصف الدورق تقريباً، شكل (١).

٢- صل كل طرف من الأطراف الخارجية للأنابيب الزجاجية بأنبوب مطاطي.

٣- اقفل الأنبوبة المطاطية المتصلة بالأنبوبة الزجاجية المثبتة على مستوى سدادة الفلين بواسطة المحبس.

٤- املأ الدورق إلى منتصفه - تقريبا - بالماء، ثم اقفله بسدادة الفلين.

٥- ضع أحد الأحواض على طاولة مرتفعة واملأه بالماء.

٦- ضع الحوض الآخر على الأرض.

٧- ضع الحامل على الطاولة وثبت عليه الدورق بشكل مقلوب، ثم ضع طرف الأنبوب المطاطي المتصل بالأنبوبة الزجاجية ذات الطرف البارز داخل الدورق في الحوض الموجود على الطاولة.

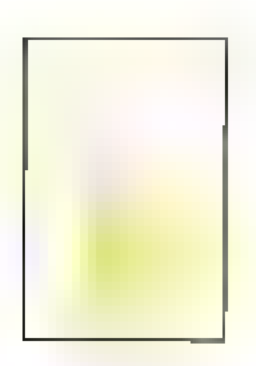
٨- ضع طرف الأنبوب المطاطي الآخر في الحوض الموجود على الأرض، ثم افتح المحبس، شكل (٣).

● المشاهدة

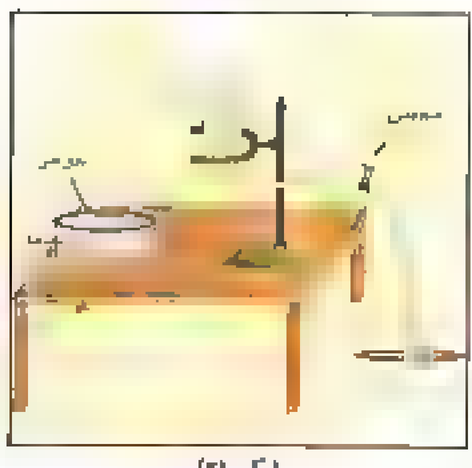
يشاهد صعود الماء من الحوض الموجود على الطاولة إلى الدورق متدفقاً داخله على شكل نافورة، شكل (٢).

● التعليل

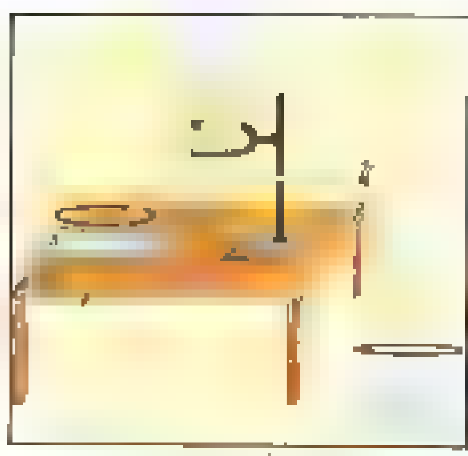
عندما يقلب الدورق ويفتح المحبس ينزل الماء منه إلى الحوض الموضوع على الأرض، فيحدث خلخلة في الهواء وانخفاض في الضغط داخل الدورق، مما يؤدي إلى ارتفاع الماء من الحوض الموجود على الطاولة إلى الدورق لمعادلة الضغط.



شكل ١



شكل (٣)



شكل (٢) نافورة بدون مضخة

الانحباس الحراري وأمراض الحساسية

[illegible]

رياحه حبوب لقاح عشبة (Ragweed) بنسبة ٦١٪ في البيئة ذات التركيز الأعلى من [illegible]

[illegible] مستقبل أن الدراسة [illegible]

[illegible] بفعل الثورة الصناعية منذ ٢٠٠ [illegible] ألف سنة من حوالي ٢٨٠ إلى ٣٧٠ جزء من مليون، ونضيف بمستوى أن هذا الأمر يستدعي التفكير الجاد من استهلاكنا للطاقة، وضرورة البحث عن بدائل آمنة بيئيا.

المصدر:

www. Sciencedaily.com/2002

تحويل الصوت إلى إشارة كهربائية

قام باحثون من مركز السمع والاتزان بمعاهد جونز هوبكنز [illegible] من الأذن إلى إشارة كهربائية يمكن التعرف عليها بواسطة الدماغ. ويذكر الباحثون المشاركون أن هذا الاكتشاف سيزيد من فهم العلماء للكيفية التي يسمع بها الإنسان، والتي ستساعد على [illegible] كذلك [illegible] طرق [illegible] قوقعة الأذن.

ويذكر بول فوكس (Paul Fuchs) أستاذ الأنف والأذن والحنجرة بمدرسة جونز هوبكنز الطبية أن الصوت [illegible]

[illegible] وكيميائية تحدث ضمن [illegible] وبمساعدة اليزابث قلوسرقي (Elizabeth Glowatzki) [illegible] الدقيقة الموجودة داخل الأذن مسؤولة عن عملية السمع.

والتي تحتوي على مواد قاتلة [illegible]

[illegible] عن الخلايا الشعرية.

المصدر:

www. Sjencedaily. com

[illegible] الإنسولين [illegible]

ويذكر أليكس هارفي (Alex J. Harvey) من شركة [illegible]

(Avi Genics) للتقنية الحيوية [illegible]

[illegible] البحث، بعدما قامت المجموعة بإكثار الدواجن الحاملة للإنزيم في بويضاتها وحيواناتها المنوية فكانت النتيجة أن أجيالها حملت نسخ الإنزيم في كل خلاياها، إضافة لذلك انتقل الإنزيم إلى البيض الناتج عن الإناث [illegible] قليلة [illegible]

[illegible] ستة عشر شهرا [illegible] ويمكن ملاحظة أن الإنزيم انتقل إلى أربعة أجيال [illegible]

المصدر:

Science News.vol 16 No 14, April 6,2002, P.2 3



مـع القـــراء

قراءنا الأعزاء

مما لا شك فيه فخراً واعتزازاً أن نرد عبر الكم الهائل من رسائل القراء الكرام عبر الوسائل المختلفة كالهاتف والبريد الإلكتروني والبريد العادي، معبرين عن القراء الكرام عن إعجابهم وتقديرهم لمحتويات المجلة العالية. كما يسرنا أن نوجه انتباه القراء الكرام إلى نقطة هامة تتمثل في أن عدداً من الأعداد المسترجعة يعني أن بعض القراء الكرام الساكن في عناوينهم وكتابتها بشكل واضح، لذا نضطر إلى حذفهم من قائمة التوزيع، وبالتالي لن نتمكن من إعادتهم مرة أخرى إلا بعد فترة طويلة، نظراً للقوائم الطويلة التي تنتظر التسجيل.

● الأخ / د. أمير إبراهيم القريشي – ليبيا

إن أسرة المجلة تشكرك جزيل الشكر على عبارات الثناء التي ضمنتها رسائلك والسعادة الغامرة التي عبرت عنها رسالتك نتيجة لتواصلك معنا، ونحن إذ نشكرك على هذا الشعور الطيب نحو المجلة والقائمين عليها، فإنه يسعدنا إدراج اسمك في قائمة من تصلهم المجلة.

● الأخ / ضيف الله سعود الحربي – القصيم

نشكرك جزيل الشكر على اهتمامك بالمجلة، كما يؤسفنا عدم تحقيق رغبتك في إرسال جميع الأعداد المطلوبة، وذلك لنفادها، كما أن اقتراحك الكريم قيد الدرس.

● الأخ / حسين محمد الكاظم

نشكرك جزيل الشكر على التهنئة الصادقة التي وصلت إلينا المجلة من رقي وتقدم وانتشار، ونحن نشكر القراء الكرام على تواصلهم معنا، فلولاه بعد توفيق الله لما تحقق كل هذا التميز الذي أشرت إليه، كما يسرنا تلبية طلبك بإرسال المجلة إليك عند صدور كل عدد.

● الأخ / حمود نصر غالب – اليمن

يسعدنا انضمامك كقارئ جديد من اليمن السعيد إلى مجلتنا، شاكرين حسن الثناء منك.

● الأخ / د. محسن مصري هلال – مصر

نثمن اهتمامك بالمجلة والقائمين عليها، كما أننا نرحب بما تبعث به من مشاركات ونحن نفضل أن ترسل المشاركات قبل صدور العدد المعلن موضوعه على غلاف المجلة الأخير بوقت كافٍ.

● الأخ / صالح محمد جميل – جدة

وصلنا شكرك الجزيل وثناؤك العطر عبر رسالتك الكريمة، كما أنه يؤسفنا عدم تحقيق رغبتك بإرسال جميع الأعداد الصادرة من أول عدد إلى آخره وذلك لعدم توفرها لدينا.

● الأخ / مشفق دبيح – الجزائر

وصلت رسالتك، وما طلبت فيها من عدد الرياح غير متوفر لدينا، وسوف نرسل لك آخر عدد صدر.

● الأخ / إبراهيم الراوي – العراق

إن المجلة غير محكمة وتنشر فقط المقالات العلمية المتنوعة بجميع الفئات التي تمتاز بالنوعية العلمية، كما نأسف لعدم وجود موضوع فيما ذكرت.

● الأخ / عثمان علي الوادي – البحرين

شكراً على ما سطرت في رسالتك وسوف نرسل ما طلبت من آخر أعداد لدينا كما يسعدنا بانضمامك للقائمة إضافة للمجلة.

● الأخ / طريح السعيد – الجزائر

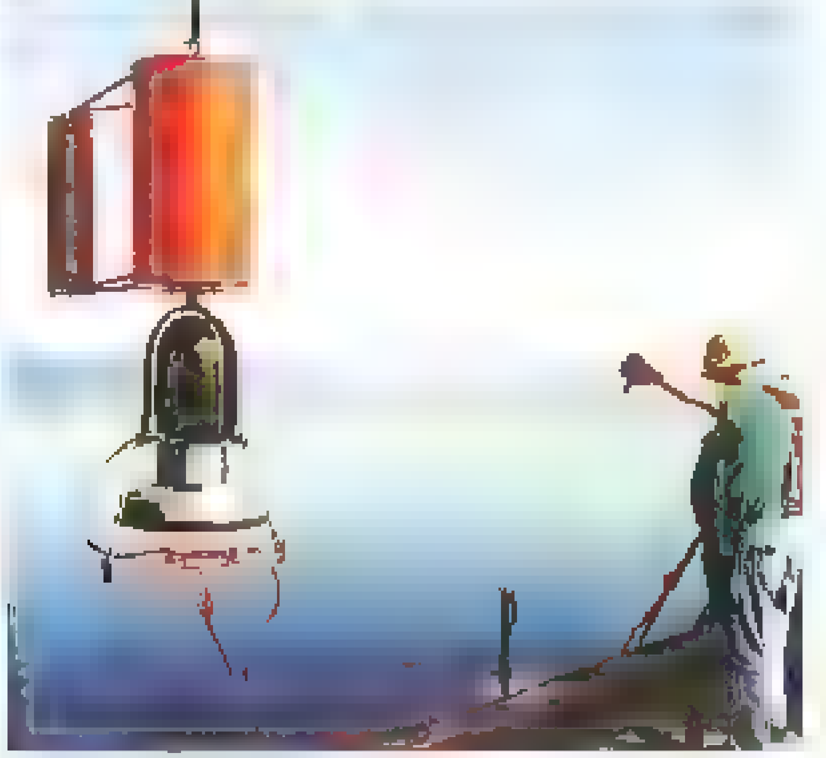
نشكر على اهتمامك بالمجلة، ويسعدنا إرسال العدد الواحد والستين من المجلة حسب طلبك.

● الأخ / مراد طرقاية – الجزائر

نحن سعداء بما ورد في ثنايا رسالتك الكريمة من كلمات الثناء والشكر، ويؤسفنا عدم تحقيق رغبتك فيما ورد برسالتك.













الفيزياء الحيوية

(الجزء الثاني)

التصوير بالرنين المغناطيسي

الطب النووي

مخاطر أشعة الليزر

ISSN 101 - 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء

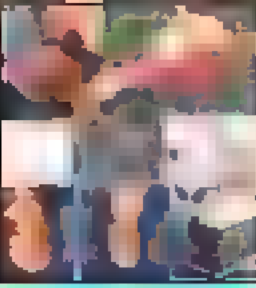
يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعي الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة:

١. يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها.
٢. أن يكون له عنوان واضح ومعبر ويعطي فكرة عن محتوى المقال.
٣. في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو فكرة يجب الإشارة إلى ذلك، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال.
٤. أن لا يقل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات مطبوعة.
٥. إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشر بها أو أرسل إليها.
٦. إرفاق أصول الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال.
٧. المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكاتبها.

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال

محتويات العدد


الموجات فوق الصوتية في الطب


العلاج بالإشعاع

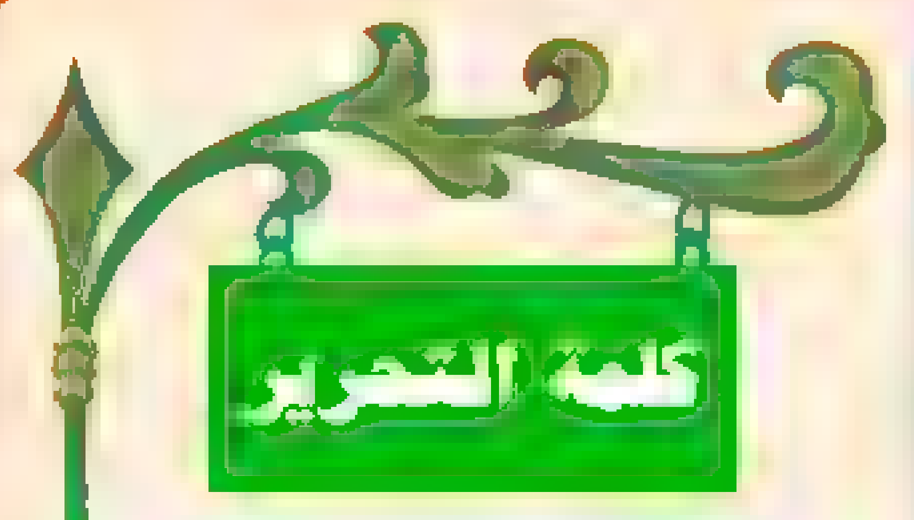


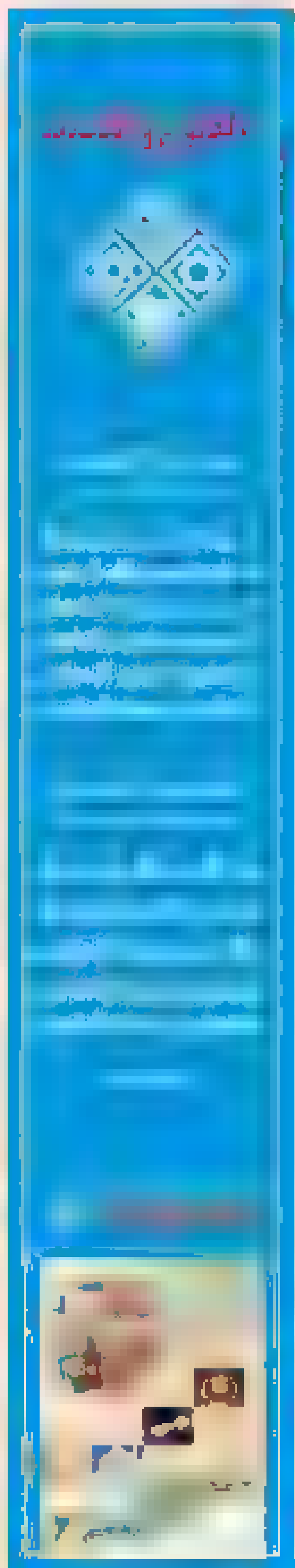
استخدام مناظير الصوتية في الطب



المراسلات

باسم رئيس التحرير
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص ب ٦٠٨٦ الرمز البريدي ١١٤٤٢ الرياض
هاتف ٤٨٨٣٤٤٤ ، ٤٨٨٣٥٥٥ ناسوخ (فاكس) ٤٨١٣٣٩٣
البريد الإلكتروني jsctech@kacst.edu.sa
Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia





أعزاءنا القراء،

يتعرض البشر لعدد من الأمراض الفتاكة التي تصيب أعضاءه الداخلية فتؤدي – في أحيان كثيرة – إلى وفاته، دون أن يتم التعرف على مسبباتها وأسبابها.

أعزاءنا القراء،

لقد كان تشخيص الأمراض وعلاجها يعتمد إلى حد كبير على أعراض المرض التي تظهر خارجياً على جسم المريض، ولكن عندما كان القرن التاسع عشر الميلادي يلفظ أنفاسه الأخيرة ظهرت بوادر طرق متقدمة وفعالة لتشخيص الأمراض، أحدثت ثورة هائلة في طرق تشخيص وعلاج كثير من الأمراض المستعصية الداخلية منها والخارجية، وذلك عندما اكتشف العالم الألماني رونتجن في عام ١٨٩٥م أشعة لم يدرك كنهها في ذلك الوقت، فأطلق عليها الأشعة السينية. وكذلك اكتشاف النشاط الإشعاعي في عام ١٨٩٦م فأدى ذلك إلى فتح بوابة واسعة لتقنيات جديدة للتشخيص والعلاج، حيث لم يمض على ذلك سوى فترة وجيزة حتى تم شفاء أول مريض بالسرطان عن طريق معالجته بالإشعاع عام ١٨٩٩م، وبعد نصف قرن من ذلك التاريخ ظهر الطب النووي الذي أصبح الآن من التخصصات الطبية المهمة في معالجة وتشخيص الأمراض الخطرة.

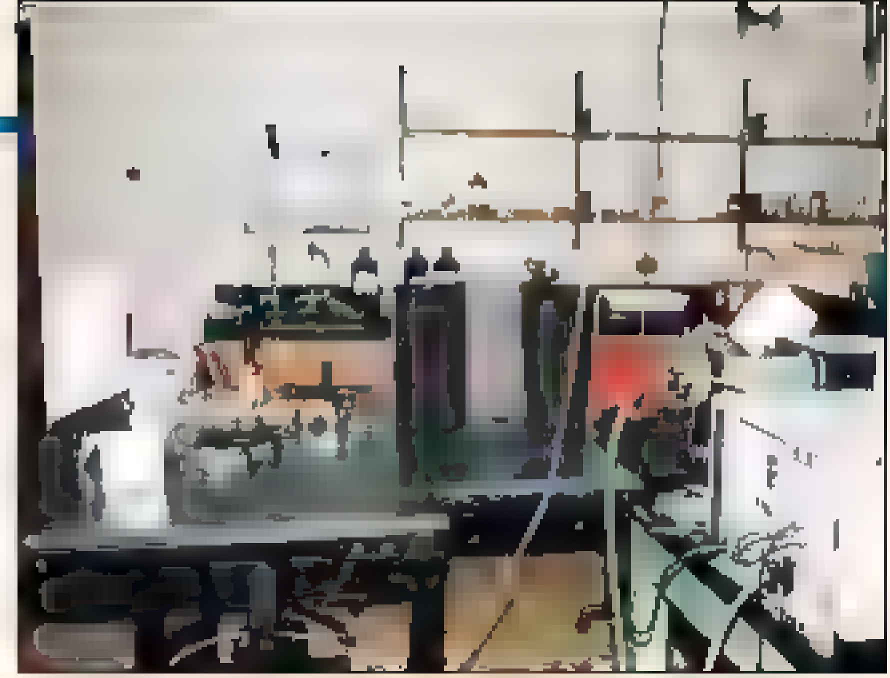
أعزاءنا القراء،

توالت الاكتشافات والتطورات العلمية والتقنية في مجال التشخيص والعلاج عن طريق الأشعة حتى بلغت شأواً بعيداً في عصرنا الحاضر، لم يتوقف ذلك على استخدام الأشعة فقط بل تعدى إلى عالم التشخيص بالموجات فوق الصوتية، والموجات الدقيقة، والمجاهر، والمناظير، والليزر، وغيرها.

أعزاءنا القراء،

يسعدنا أن نقدم لكم الجزء الثاني من موضوع الفيزياء الحيوية حاملاً في طياته المواضيع التالية: الاتزان الحراري، والرنين المغناطيسي، والموجات الدقيقة، والموجات فوق الصوتية، والطب النووي، والعلاج بالأشعة، والفيزياء الحيوية للضوء، ومخاطر أشعة الليزر، والأشعة التشخيصية، والمناظير، والمجاهر، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تقديمها في كل عدد.

والله من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل.



مجموعة بحوث الفيزياء الحيوية والطبية

قسم الفيزياء، كلية العلوم / جامعة الملك سعود

تعد مجموعة بحوث الفيزياء الحيوية والطبية من بحوث المجموعات المتميزة المنضوية تحت قسم الفيزياء بكلية العلوم جامعة الملك سعود، وتقوم هذه المجموعة بالعديد من البحوث المتعلقة بتأثير الظواهر الفيزيائية على الأجسام الحية مثل تأثير الإشعاعات المؤينة وغير المؤينة على الكائنات الحية، وكذلك علاقة الفيزياء بالتشخيص والعلاج.

تهتم هذه المجموعة سواء كانت منفردة أو بالاشتراك مع مجموعات البحث الأخرى في قسم الفيزياء وكذلك الأقسام الأخرى داخل الجامعة ومراكز البحوث والمستشفيات وغيرها، بالمجالات البحثية المختلفة.

● أهداف المجموعة

تهدف المجموعة بجانب بحوثها الأكاديمية والتطبيقية في مجالات الفيزياء الحيوية والطبية إلى العمل على إعداد خريج قسم الفيزياء سواء على مستوى مرحلة البكالوريوس أو الدراسات التمهيدية للماجستير بدرجة جيدة بالتقنيات الحديثة التي تؤهله للعمل في مراكز البحوث والمستشفيات والمراكز الطبية التي تستخدم الإشعاع النووي في التشخيص والعلاج، وكذلك تلك التي تستخدم الأشعة الكهرومغناطيسية والموجات فوق السمعية. وتأمل المجموعة أن تنتهي إجراءات الإدارية لإقرار مشروع ماجستير الفيزياء الحيوية والطبية خلال الفصل الدراسي المقبل بإذن الله.

● الدراسات والأبحاث

تستخدم الفيزياء الحيوية نظريات وتقنيات الفيزياء في دراسة الظواهر الحيوية في الأجسام الحية ومكوناتها وتأثرها بالمؤثرات المختلفة مثل الموجات الكهرومغناطيسية. وقد قامت المجموعة بعدة دراسات وأبحاث منها:

١ - تأثير الموجات الكهرومغناطيسية غير المؤينة والمنتشر استخدامها الآن في المجالات المختلفة (مثل مجالات الاتصالات والطب والصناعة) على الخلايا والأجسام الحية. وفي هذه الدراسة تم التركيز على تأثير الموجات الدقيقة (Microwave) التي تستخدم في تشغيل الهواتف الجوالة على الفيروسات التي تعد نموذجاً للخلية الحية. ويكمن السبب في التركيز على دراسة تأثير هذه الأشعة على الخلايا الحية نتيجة للخط الكثير الذي صاحب استخدام هذه الأشعة في الهواتف الجوالة، وأنها قد تسبب أمراضاً من أخطرها السرطان.

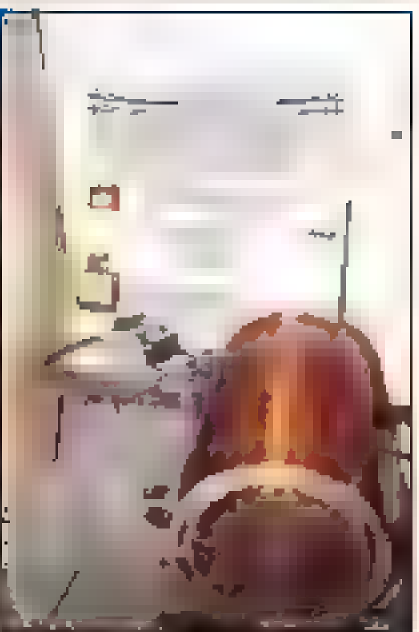
استخدم في هذه الدراسة عدة تقنيات فيزيائية وكيميائية مثل تقنية ثابت العزل وطيف الامتصاص والإذابة الكيميائية. وقد بينت النتائج أن الموجات الدقيقة المستخدمة في الهواتف الجوالة رغم ضعف طاقتها أقل من الحدود المسموح بها دولياً إلا أنها تؤثر على نفاذية الخلايا المستحيبة والمتمثلة بالفيروسات. ونوصي هنا بالطبع التوصية بعدم استخدامها لمدة طويلة وأن لا تستخدم بواسطة الأطفال وألا توضع بجوار الرضيع.

٢ - أثر الموجات الدقيقة ذات الشدة والتردد السابق استخدامها في حالة الفيروسات على الحمل والإجهاض باستخدام فئران التجارب بعد الحمل مباشرة، وذلك بالاشتراك مع قسم الكيمياء الحيوية بالكلية. وقد بينت النتائج الأولية للبحث على أن تعرض الفئران الحوامل لمدة طويلة للموجات الدقيقة يؤثر على إفراز الهرمونات وخاصة تلك التي تتعلق بالإجهاض.

٣ - تأثير المجالات الكهرومغناطيسية الناشئة عن الجهد العالي للتردد ٦٠ هيرتز على الأنشطة السكانية أسفل خطوط الجهد العالي التي تغذي الشبكة الكهربائية. تم لهذا الغرض تجهيز غرفة



● جانب من المختبر مختص بمختبر الفيروسات



● خلية إنتاج المجالات المغناطيسية والمثبتة حولها التجارب

كهربية محاطة بجهود عالية جداً وصالحة لإعاشة فئران التجارب لمدة طويلة. وسيتم بعد ذلك دراسة التغيرات البيوفيزيائية والكيموحيوية التي يمكن أن تنشأ نتيجة للتعرض لمثل هذه المجالات.

٤- تحضير الليبوزومات (حويصلات دهنية تستخدم محاكاة لدراسة غشاء الخلية الحية من حيث التركيب والعمل) ودراسة خواصها المختلفة وتجهيزها للتطبيقات المختلفة، حيث يتم تحضيرها بأشكال وأحجام مختلفة حسب نوع الدهون المستخدمة وطريقة التحضير. وعليه يوجد بالمختبر أنواع عديدة من الدهون الطبيعية والصناعية مثل تلك المستخرجة من صفار البيض أو فول الصويا (دهون نباتية)، والتي تختلف في تركيبها الكيميائي وخصائصها البيوفيزيائية وطبيعة عملها داخل الأغشية الحية. كذلك من الممكن خلط مجموعة من تلك الدهون خلال عملية التحضير لإنتاج حويصلات ذات طبيعة خاصة تخدم أهداف البحث الذي يتم إجراؤه.

كذلك يتم بالمختبر تحميل الليبوزومات ببعض الأدوية الهامة والضرورية لدراسة تأثيرها الإيجابي والسلبي. فعلى سبيل المثال عند تحميل دواء مثل الدكسوروبسين (Doxil) المستخدم في علاج أمراض السرطان في الليبوزومات زادت كفاءته العلاجية، وفي نفس الوقت قلت سميته بالنسبة لأغشية القلب. كما وجد أنه بعد تحميل الليبوزومات ببعض المواد بالإضافة إلى الدواء نفسه زاد زمن سريانه داخل الجسم بسبب عدم تعرف الجهاز المناعي للجسم عليه، وينعكس هذا بدوره على تقليل كمية الدواء التي يأخذها المريض مما ينعكس إيجاباً على صحته وتكاليف العلاج.

ويمكن أيضاً تحميل الليبوزومات ببعض الصبغات التي تستخدم خلال عمليات التصوير والتشخيص لأجهزة الجسم المختلفة، وذلك لزيادة دقة هذه العمليات والكشف عن التركيبات الدقيقة.

٥- دراسة العظام عن طريق قياس خواصها الميكانيكية باستخدام التقنيات الفيزيائية المختلفة بهدف إيجاد بدائل للعظام تتمتع بخواص مشابهة لها، بحيث تكون صالحة للاستخدام في حالات ترميم كسور العظام.

● التجهيزات

يحتوي مختبر مجموعة الفيزياء الحيوية بقسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الملك سعود على العديد من الأجهزة الحديثة خاصة في مجال تحضير ودراسة الليبوزومات، منها ما يلي:

- جهاز ضخ غاز النيتروجين لمنع عملية الأكسدة أثناء التحضير.

- جهاز فصل المواد ذو السرعات العالية تحت التبريد.

- موازين تبلغ حساسيتها جزء من المليون من الجرام.

- جهاز قياس الفلورة (Spectrofluorometer) الناشئة عن المواد التي يتم تحميلها في الليبوزومات بالإضافة إلى استخدامه لدراسة العديد من المواد من حيث التركيب والتفاعل وكفاءة التصنيع.

- جهاز قياس معامل الامتصاص الضوئي (Spectrophotometer) والذي يستخدم في دراسة تركيب المواد وكثافتها نتيجة لامتصاص الأطوال الموجية المختلفة للضوء.

- جهاز فصل المركبات حسب وزنها الجزيئي (Chromatography) والذي يمكن بواسطته تحديد أوزان المواد المجهولة، وكذلك دراسة مدى التأثيرات الخارجية على تركيب تلك المواد.

- جهاز قياس الخواص الكهربية للمواد والذي يحتوي على تجهيزات خاصة تجعله مناسباً لقياس المواد البيولوجية السائلة.

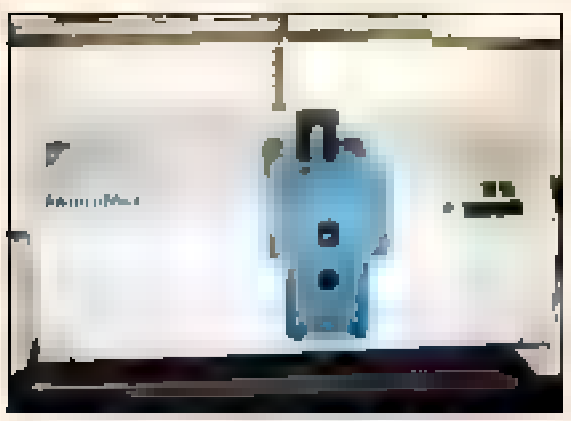
● التدريب

تهتم المجموعة بتدريب بعض طلاب مشاريع البحوث لمرحلة البكالوريوس على كيفية التخطيط الإشعاعي العلاجي وحساب الجرعات الإشعاعية اللازمة لكل عضو للمرضى الذين يعالجون باستخدام الإشعاع النووي. كذلك يساهم أعضاء المجموعة في الدورات التدريبية المتخصصة التي يقدمها القسم بالتعاون مع عمادة مركز خدمة المجتمع والتعليم المستمر في مجالات الوقاية من الإشعاعات المؤينة.

● المشاريع المستقبلية

تقدمت المجموعة بعدة مشاريع بحثية منها: مشروع يهتم بتأثير أشعة الليزر على الخواص البيوفيزيائية للدم، بهدف الحفاظ على خواص الدم أطول فترة ممكنة أثناء الحفظ. وسيتم تنفيذ هذا المشروع إن شاء الله بالتعاون مع مجموعة فيزياء الليزر والأطياف بالقسم.

كذلك تم إقرار مشروع مدعماً من مركز البحوث بكلية العلوم جامعة الملك سعود من قسم الفيزياء ممثلاً في مجموعة الفيزياء الحيوية والطبية، وقسم علوم الأغذية بكلية الزراعة بالجامعة. ويهدف المشروع المذكور إلى دراسة الخواص البيوفيزيائية والتركيبية لبيض الدجاج منتج البيض واللحم بهدف تحسين خواصه وبالتالي زيادة الإنتاج.



● جهاز الفلورة من الأجهزة المستخدمة في بحوث الفيزياء الحيوية



أ.د. سمي صلاح الدين حسن طلعت

يمثل جسم الإنسان والكائنات الحية ذات الدم الحار نظام متكامل يحتوي على عدد نظم أخرى تعمل جميعها بالتناغم تحت تحكم وإدارة المخ. من هذه النظم ما يقوم بإنتاج الطاقة من الغذاء والشراب بواسطة العمليات الإيضية المختلفة. تستخدم هذه الطاقة ليس فقط لعمل أجهزة الجسم المختلفة، ولكن في حفظ درجة حرارته عند ٣٧م والتي تقوم بدور هام جداً لإتمام عمليات الأيض، وعلى هذا الأساس يقوم المخ بالتحكم في درجة حرارة الجسم لإبقائها عند هذه الدرجة مهما تغيرت الظروف المحيطة بالإنسان من ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة وهو ما يطلق عليه الإتزان الحراري.

سنتعرض هنا لمختلف الطرق التي يتبعها الجسم لكي يتزن حرارياً مع الوسط المحيط به، وكيف تقوم أجهزة الجسم المختلفة بتنفيذ هذه الطرق. كما يتناول ضربة الحر وعضة البرد من خلال أعراضهما وطرق الوقاية منهما والإسعافات الأولية.

إنتقال الحرارة

يكتسب (أو يفقد) الجسم الموجود في وسط له درجة حرارة معينة كمية من الحرارة (H) أي طاقة مقدرة بالجول (الوحدة القديمة هي السعر Calorie، ويساوي ٤,١٨٦ جول). تتناسب طردياً مع كتلته (m) والفرق في درجة حرارته بالنسبة للوسط المحيط به (ΔT) حسب المعادلة

$$H = c\,\Delta\,mT \text{ Joule}$$

حيث c مقدار ثابت يتوقف على مادة الجسم ونوعيته، وتسمى الحرارة النوعية (Specific Heat)، وتقدر وحدتها بالجول/الكيلو جرام/درجة ($J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$). حيث K درجة الحرارة مقدرة بالكلفن (ويمكن أيضاً أن تقاس بالدرجة المئوية). فمثلاً تبلغ الحرارة النوعية للماء (المكون الرئيس لمادة الحية) ٤١٨٦ جول/الكيلو جرام/درجة. أما إذا تحول هذا الماء إلى الحالة الصلبة (ثلج) فإن هذه القيمة تنخفض إلى النصف. ولهذا فإن الحرارة النوعية تختلف حسب مكونات الجسم، وبالتالي تختلف من حيوان إلى آخر. فمثلاً تبلغ الحرارة النوعية للفأر ٣٤٥٠ جول/الكيلوجرام/درجة.



● قياس درجة حرارة الجسم بالترمومتر

وبالرغم من أن وحدة السعر لا تستخدم الآن في العلوم التي تتعلق بالحرارة (الديناميكا الحرارية مثلاً) إلا أنها ما زالت تستخدم في تحديد أو قياس الطاقة المستمدة من الغذاء، ولكن في هذه الحالة فإن هذا السعر (C) يساوي ٤١٨٦ جول، وهو أكبر من السعر الذي كان مستخدماً علمياً بمقدار ١٠٠٠ مرة.

يعد التغير في كمية الحرارة أثناء تحول المادة من حالة إلى أخرى هام جداً في النظم الحيوية. فمثلاً لكي تتحول قطرات العرق على جلد الإنسان في درجته الطبيعية (٣٧م) من الحالة السائلة إلى الغازية فإنها تتطلب كمية من الحرارة تأخذها من الجسم. تبلغ ٢,٤×١٠⁶ جول/كيلوجرام وهي أكبر من درجة تصعيد الماء في درجة ١٠٠م التي تسمى بحرارة (Latent Heat of Vaporization) التي تبلغ ٢,٢٦×١٠⁶ جول/كيلوجرام، ويرجع ذلك إلى أن طاقة الربط بين جزيئات الماء عند درجة حرارة الجسم السليم (٣٧م) أكبر منها عند درجة حرارة الغليان (١٠٠م).

التبادل الحراري خلال الجسم

توفر الطاقة المطلقة أثناء عمليات التمثيل الغذائي (الأيض) الحرارة اللازمة لجسم الإنسان والمحافظة عليها عند درجة (٣٧م). ويمكن تمثيل ذلك بالمساواة (المعادلة) الآتية:

الطاقة الناشئة من أيض الغذاء = الطاقة اللازمة لتشغيل أعضاء الجسم المختلفة + الطاقة اللازمة لحفظ درجة حرارة الجسم عند المستوى الطبيعي له.

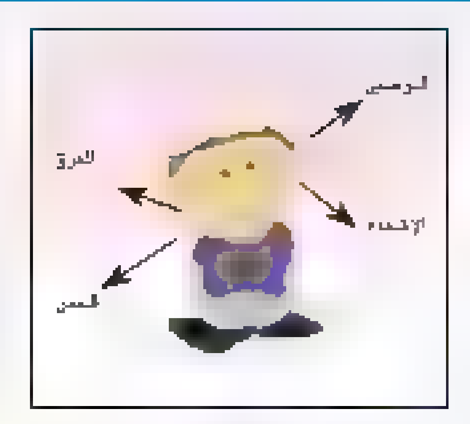
يقدر معدل استهلاك الطاقة في الجسم بوحدة تسمى الـ Met، تعرف بأنها معدل استهلاك طاقة مقدارها ٥٨,٢ جول/م² (٥٠ كيلو سعر/م²) من مساحة سطح الجسم لكل ساعة، وبالتالي فإن معدل إستهلاك الشخص المتوسط (العياري) الذي مساحة سطح

جسمه ١.٨٥م٢ بالرجل، و١.٤م٢ للمرأة يكون مقدارها ٨٥.٣×١٠^٥ جول كيلوجرام (٩٢كيلو سعر/ساعة أو ١٠٧ وات). أما الشخص العادي فيستهلك في وضع الراحة طاقة مقدارها (ست وحدات) يطلق على هذه القيمة معدل الإيض الأساس (Basal Metabolic Rate BMR)، وتكفي بالطبع بعض الوظائف الأساسية للجسم وتعتمد على حالة الغدة الدرقية (Thyroid gland) حيث تزداد بزيادة نشاطها، وتقل في حالة خمولها. كما تعتمد على درجة حرارة الجسم حيث وجد أن معدل الإيض الأساس يتغير بمقدار ١٠٪ لكل درجة مئوية يفقدها أو يكتسبها الجسم، وهذا يفسر لماذا يتم تبريد المريض أثناء العمليات الجراحية التي تستغرق مدة زمنية كبيرة، مثل عمليات القلب المفتوح والبيات الشتوي للحيوانات المعينة، والتي تستهلك أثناءه كميات قليلة من الطاقة تحصل عليها من مخزون الدهون الذي تراكم أثناء حياتها في الظروف الملائمة. هنا تجدر الإشارة إلى أن وزن جسم الكائن الحي والإنسان يعتمد على كمية الغذاء اليومي فإذا كانت كميته تساوي الطاقة اللازمة لعمليات الإيض الأساس ونشاطه اليومي فإن وزنه سوف يبقى ثابتاً، أما إذا زادت كمية الغذاء فإن هذا الجزء الزائد سوف يتحول إلى شحوم أي زيادة في الوزن.

آلية التوازن الحراري

لكي يتسنى للعمليات الإيضية أن تتم على أكمل وجه وبالتالي يقوم الإنسان بجميع وظائفه فإنه يجب أن تكون درجة حرارة الجسم عند ٣٧°م، وهذا يعني أن التوازن ضروري بين العمليات الإيضية المنتجة للطاقة الحرارية اللازمة للجسم وبين الطرق التي يتبعها الجسم في اكتساب أو فقد الحرارة، مثل الإشعاع (Radiation) والحمل (Convection) والتوصيل (Conduction) والعرق (Perspiration) شكل (١).

يقوم المخ بعمل التوازن الحراري داخل الجسم، وذلك بالسيطرة على جميع عمليات



● شكل (١) طرق فقد واكتساب الحرارة

فقد أو كسب الحرارة عن طريق منطقة الهيبوثلمس (Hypothalamus) التي تحتوي على مكونات ضبط حرارة الجسم (The Body's Thermostat) حيث تتصل تلك المنطقة بجميع سطح الجسم عن طريق شبكة من الأعصاب الحسية لرصد حرارة الجلد (Thermoreceptors of Skin). فإذا زادت درجة حرارة الجسم زادت درجة حرارة منطقة الهيبوثلمس، تسمى درجة حرارة اللب (Core Temperature)، لتقوم بتحفيز خلايا العرق على إفراز العرق فيؤدي تبخره إلى خفض درجة حرارة الجسم. كما يقوم المخ بتنبيه الأوعية الدموية للتمدد (Vasodilation) مما يزيد من تدفق الدم ونشره على مساحة كبيرة، وبالتالي تزداد الحرارة المفقودة بالإشعاع أولاً وبالعرق الأخرى بسالفة الذكر ثانياً.

يمكن تمثيل تمدد الأوعية الدموية هنا بزيادة المسطح المشع كما هو الحال في مُشع الحرارة في السيارة (Radiator) الذي يحتوي على أنابيب رفيعة متجاورة

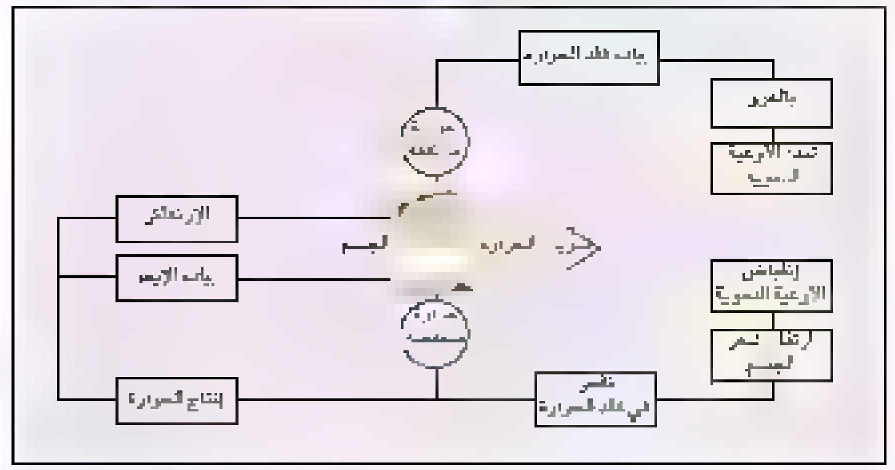
بزيادة السطح المشع، وبذلك يسهل التخلص من حرارة محرك السيارة. وبالمثل إذا حدث انخفاض في درجة الحرارة فإن المخ يقوم بإعطاء الأوامر إلى الأوعية الدموية بالانقباض (Vasoconstriction) وإلى العضلات بالارتعاش (Shivering) (توليد حرارة)، وارتفاع في شعر الجسم (ريادة لطبقة العازلة) إضافة إلى زيادة في الإيض كما هو موضح في شكل (٢).

طرق فقد واكتساب الحرارة

تنتج الطاقة اللازمة لعمل أجهزة الجسم عن العمليات الأيضية للغذاء، وتقدر بحوالي ٣٧.٨×١٠^٦ جول في اليوم. تطلق تلك الطاقة كمية حرارة مقدارها ٨١.٢×١٠^٣ جول/دقيقة، وعند ثبات درجة حرارة الجسم عند ٣٧°م فإنه يجب على الجسم أن يتخلص من الحرارة الزائدة ويبقيها عند المستوى الطبيعي للجسم ويسلك الجسم للتخلص من الحرارة الزائدة عدة طرق يمكن إيضاحها فيما يلي:

● الإشعاع

تشع جميع الأجسام الحية، بصرف النظر عن درجة حرارتها، موجات كهرومغناطيسية في مدى الأشعة الحمراء وتمثل هذه في حد ذاتها طاقة حسب قانون بلانك. واستناداً على هذا القانون وجد العالم استيفان (Stefan) أن الطاقة المنبعثة من الجسم تتناسب مع الأس الرابع لدرجة حرارته المطلقة، كما ينطبق هذا القانون أيضاً على الطاقة الممتصة بواسطة الجسم.



● شكل (٢) طرق محافظة الجسم على درجة حرارته عند ٣٧°م

حيث وجد أن معدل فقد الطاقة أو اكتسابها بالإشعاع H_R للجسم البشري يمكن حسابه وتقديره بالعلاقة التالية

$$H_R = K_R A_R e (T_S - T_{WS})$$

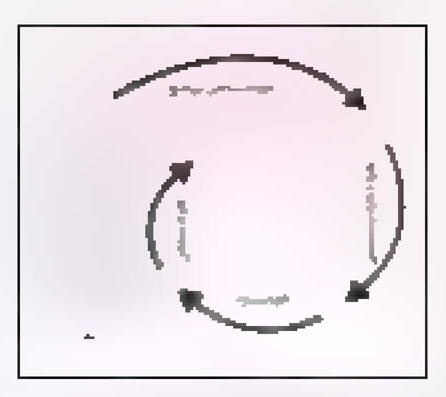
حيث A_R مساحة السطح المشع، e إشعاعية (emissivity) سطحه، T_S درجة حرارة الجلد بالدرجة المئوية، T_{WS} درجة حرارة الحوائط المجاورة، K_R ثابت يعتمد على عدة عوامل فيزيائية ويساوي تقريباً ٢٫٢ × ١٠^4 جول/م٢/ساعة/درجة. (الإشعاعية e في مدى الضوء الموجي للأشعة الحمراء لا تعتمد على لون الجلد وتساوي تقريباً واحد)

وبناءاً على تلك القاعدة وجد أنه في حالة الجسم العاري الذي مساحة سطحه ١٫٢ م٢ ودرجة حرارة جلده ٣٤°م عند درجة حرارة الغرفة (٢٥°م) أنه يفقد طاقة بالإشعاع مقدارها ٢٫٢٥ × ١٠^5 جول/ساعة، تمثل ٥٤٪ من الفقد الكلي للحرارة.

● الحمل

يبين شكل (٣) كيفية فقد الحرارة بالحمل، فعندما يمر الهواء البارد بجوار جسم ساخن فإنه يسخن، وبالتالي تقل كثافته فيرتفع إلى أعلى ويحل محله هواء بارد أي حرارته أقل، وهكذا يدور الهواء إلى أن ترتفع درجة حرارة الجو المحيط وتنخفض درجة حرارة الجسم الساخن، وتستمر هذه الحالة إلى أن يصلا إلى حالة التوازن.

يمكن مشاهدة ديناميكية نقل الحرارة بالحمل، وذلك بإجراء تجربة بسيطة، وفيها نحضر كأساً به ماء ونضع فيه بعضاً من



● شكل (٣): انتقال الحرارة بالحمل

نشارة الخشب ثم نضعه على موقد، وعند ارتفاع درجة حرارة الماء سنشاهد حركة نشارة الخشب الساخنة وهي تصعد إلى أعلى وأخرى باردة تتحرك من أعلى السطح إلى أسفل. يمكن حساب كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة من الجسم H_C بواسطة الحمل بالعلاقة التالية

$$H_L = K_L A_C (T - T_a)$$

حيث K_L ثابت يعتمد على حركة الهواء ويزيد بزيادة سرعته، A_C و T_a مساحة السطح المعرض من الجسم ودرجة حرارة الهواء.

ويمكن حساب كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة بواسطة الحمل من المثال التالي: إذا كانت درجة حرارة الهواء T_a تساوي ٢٥°م ودرجة حرارة الجلد ٣٤°م فإن الجسم العاري يفقد حرارة مقدارها ١٫٥ × ١٠^5 جول/ساعة وهي تمثل ٣٥٪ من جملة الفقد في حرارة الجسم.

● التوصيل

يمكن للجسم أن يكتسب أو يفقد حرارة عن طريق ملامسته للأجسام الأخرى وتعتمد كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة على الفرق في درجة الحرارة بين الجسمين، والمسافة بينهما، والمساحة المعرضة، وعلى معامل التوصيل الحراري للجسم.

● العرق

يمكن للإنسان تحت ظروف معينة من ارتفاع في درجة حرارة الجو والعمل الشاق أن يعرق (Perspiration) لتر واحد من السوائل في الساعة، وهذا يعني أنه في حالة تبخر هذا المقدار فإن الجسم سوف يفقد طاقة حرارية مقدارها ٢٫٤ × ١٠^6 جول/ساعة.

يعتمد تبخر العرق على درجة حرارة الجو المحيط بالجسم ودرجة الرطوبة، وفي حالة زيادة الرطوبة فإن تبخر العرق يكون ضعيفاً، وبالتالي يزداد الشعور بحرارة الجو فوق المعتاد. وقد وجد أن معدل الفقد في الحرارة عن طريق العرق في الظروف العادية يصل إلى حوالي ٢٫٨٣ × ١٠^4 جول/ساعة، وتمثل ٧٪ من جملة الفقد في حرارة الجسم.

● التنفس

يدخل الهواء إلى الرئة عند الشهيق فيتشبع بالماء بداخلها، وأثناء الزفير يخرج محملاً ببخار الماء، وبذلك يتم فقد الحرارة نتيجة تحول الماء إلى بخار كما هو الحال أثناء تبخر العرق من الجلد. كما أن استنشاق هواء بارد يفقد الجسم كمية من الحرارة لأن هذا الهواء يسخن بتأثير حرارة الجسم. وقد وجد أن الجسم يفقد عن طريق التنفس ما مقداره ٤٪ من مجموع الحرارة التي يفقدها الجسم.

دور الدم في التوازن الحراري

بعد استعراض الطرق التي يتبعها الجسم للتوازن الحراري مع البيئة المحيطة به نجد أنه من الضروري الإجابة على السؤال التالي: لماذا تكون حرارة الأطراف في جسم الإنسان (الأيدي والأرجل) مختلفة عن بقية أجزاء الجسم، فهي في الجو البارد أقل ولكن في الجو الحار أكبر من حرارة الجسم؟

للإجابة على هذا السؤال، علمنا من الفقرات السابقة أن فقد الحرارة من الجسم وانتقالها إلى الوسط المحيط به يعتمد على درجة حرارة الجلد الذي يؤثر بدوره على حركة سريان الدم في الشرايين والأوردة، فعند سريان الدم في الأطراف من الجسم يتبع طريقة حاذقة للسريان من شأنها زيادة كفاءة التبادل الحراري وفي نفس الوقت الاقتصاد في الطاقة. ففي الجو البارد ولكي يمنع الجسم المزيد من الفقد في الحرارة يسير الدم القادم من الأطراف إلى القلب في الأوردة العميقة (البعيدة عن سطح الجلد) والقريبة من الشرايين، وهذا يقلل من الفقد في الحرارة وفي نفس الوقت يكتسب الدم بعض الحرارة نتيجة قربه من الشرايين فيذهب إلى القلب بدرجة حرارة مناسبة، وتكون النتيجة انخفاض في درجة حرارة الأطراف.

أما في الجو الحار فإن الدم يغير مساره ويسلك الأوردة السطحية، وبذلك يزيد من مساحة السطح المشع مما يؤدي إلى فقد جزء كبير من حرارته، وبالتالي يذهب بارد



● إرتفاع درجة حرارة الجسم تحتاج للراحة التامة

بعض الشيء إلى القلب وتسبب في نفس الوقت إنخفاض حرارة الأطراف.

أثر حرارة الوسط على الجسم

يؤدي تعرض الجسم البشري إلى أجواء ذات درجات حرارة ورطوبة عالية إلى إرتفاع درجة حرارته إلى درجات عالية لا تنفع معها وسائله المختلفة مثل تمدد الأوردة والشرايين والعرق وخفض إنتاج الطاقة الحرارية والتغيير في السلوك مثل شرب الماء والتخفيف من الملابس أو التحرك إلى مكان بارد في خفضها، مما يؤدي إلى إجهاد هائل على القلب فيجعله يعمل بمعدل أربع مرات عن الحالة العادية وبالتالي يزداد معدل التنفس فيصل إلى ٥ مرة في الدقيقة ويصاب الجسم في هذه الحالة بما يسمى ضربة الشمس ومما يجدر ذكره أن زيادة درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة يؤدي إلى زيادة استهلاك الأكسجين بمقدار ١٣٪.

تشكل ضربة الشمس خطراً كبيراً على حياة الإنسان بشكل عام ولكنها تشكل خطراً أكبر على حياة كبار السن لعدم قدرة أجهزة الجسم على العمل بكفاءة، كما أنها تشكل خطراً على حياة الأفراد الذين يعانون من الأمراض والجفاف وكذلك الذين يتعاطون أدوية من شأنها تعطيل أجهزة الجسم التي تتحكم في الاتزان الحراري.

عموماً يمكن إعتبار إرتفاع درجة حرارة الجسم عن المعتاد مرضاً خطيراً يسبب ضرراً يؤدي في النهاية إلى الوفاة إذا لم يتم إسعاف المريض في الوقت المناسب، ويمكن تقسيم ضربة الشمس إلى قسمين رئيسيين قد يختلطان مع بعضهما البعض هما:

● الإجهاد الحراري

يحدث الإجهاد الحراري عندما ترتفع درجة حرارة الجسم إلى درجات قريبة من ٤٠م إذ عندها تعجز أجهزة الجسم عن القيام بخمسة التوازن الحراري، ومع أن أعراض الإجهاد الحراري غير محددة إلا أنها تتعلق بشكل رئيس بالجفاف (Dehydration) الذي له دور مؤثر فيه ويتلخص أعراضه بالضيق والصداع والغثيان والدوار وتشنجات العضلات.

ونظراً لأن الجفاف يلعب دوراً مؤثراً في الإجهاد الحراري فإنه من الضروري التحدث عنه وعن آليته والعوامل المساعدة على حدوثه.

يحدث الجفاف نتيجة لفقد الجسم كمية كبيرة من سوائله تحت ظروف غير إعتيادية كالحرارة الشديدة والإسهال وغيرها، إضافة إلى تعطل آلية العطش (Thirst Mechanism) التي تعمل في الظروف الإعتيادية على حماية الجسم من الجفاف وذلك بتنبيه تحث الإنسان على شرب السوائل حتى يستعيد توازنه السائلي.

يمثل الإخراج بأجهزته المختلفة الطريقة الرئيسة في فقد السوائل من الجسم وحدوث الجفاف، ولكن يعتمد معدل الفقد على درجة نشاط الجسم، ودرجة حرارة الجو والرطوبة والارتفاع عن سطح البحر.

● طرق الإخراج ودورها في الجفاف، ويمكن توضيح ذلك فيما يلي:

ـ التنفس، ويفقد الجسم من خلاله من واحد إلى ٢ لتر من الماء في الظروف العادية من النشاط عن طريق تبخره من الرئتين أثناء التنفس، ولكن عندما يكون الجو بارداً والمكان مرتفعاً عن سطح البحر فإن الإنسان يمكن أن يفقد ٦ لترات في اليوم.

ـ العرق، ويقل في الظروف العادية من النشاط، ومع ذلك فإن الجسم يفقد من واحد إلى إثنين لتر ماء في اليوم عن طريق العرق. أما في الظروف الشاقة من ارتفاع في درجة الحرارة والرطوبة والعمل، يمكن أن يصل الفقد من واحد إلى ثلاثة لترات من الماء في الساعة.

ـ البول، ويفقد الجسم من خلاله من لتر واحد إلى إثنين من السوائل في اليوم، تزيد بزيادة السوائل في الجسم (Overhydration)، كما تقل في حالة الجفاف.

ـ البراز، ويعد متوسط فقد السوائل من خلاله قليل في الأحوال العادية إذ لا يتجاوز واحد من عشرة من اللتر ولكنه قد يصل في حالة الإسهال الحاد إلى ٢٥ لتر في اليوم.

● أعراض الإجهاد الحراري، ينتج عن فقد أملاح الصوديوم والبوتاسيوم نتيجة لإفراز كمية كبيرة من العرق تتسبب بعد



● تعويض فقد السوائل بالماء والمحاليل المناسبة

يسمى بتشنجات الحرارة Heat Cramps التي من أعراضها تقلص متوسط أو كبير في عضلات الأرجل أو الأيدي أو البطن. لذا يجب على الإنسان الذي تظهر عليه تلك الأعراض الجلوس في جو بارد، وشرب الماء، وعدم مواصلة العمل.

● **الإسعافات الأولية للإجهاد الحراري:** وتنحصر في وضع المصاب في جو منخفض الحرارة أو على الأقل في الظل مستريحاً على نقالة ترتفع عن الأرض مسافة ٣٥سم، تخفف عنه الملابس، ويرش بالماء بشرط أن يكون بارداً، ويوضع أمام مروحة (مصدر تيار هواء)، ويعطى كميات قليلة من الماء كل ثلاثة دقائق.

● ضربة الحرارة

تسبب ضربة الحرارة أضراراً كثيرة للجسم، وتحدث نتيجة التعرض المستمر للحرارة العالية والتي تكون نتيجتها رفع درجة حرارة الجسم إلى درجة أعلى من ٤١م، فتؤدي إلى أضرار خطيرة في كثير من الأعضاء وبالأخص الجهاز العصبي المركزي الذي يشمل المخ والنخاع الشوكي، وذلك نتيجة الفقد الكبير من الماء والأملاح.

وتتمثل أعراض ضربة الحرارة في قلة العرق، وجفاف وسخونة الجلد، وصداع، ودوار، ونبض سريع، وغثيان، وقيء، واضطراب عقلي يؤدي إلى عدم الوعي.

وتنقسم ضربة الحرارة إلى قسمين:

ضربة ناجمة عن الإجهاد Exertional ويتعرض لها الأفراد الذين يعملون في جو حار ولا تستطيع أجسامهم التكيف مع الجهد والجو الحار.

ضربة عادية Classical، وتحدث غالباً لكبار السن أو الضعفاء الذين يمكثون في الجو الحار مدة طويلة، وإذا لم يبرد المريض في الحال فإنه يفقد حياته.

● **الإسعافات الأولية:** ويسعف المصاب بإتباع نفس الخطوات التي تتبع في حالة الإجهاد الحراري مع تدليك القدمين والرجلين والجسم، إضافة إلى وجوب نقله إلى المستشفى، حيث يمكث في العناية المركزة إلى أن يتم إعادة كل من الإتزان الحراري والسائلي له.



● تتسبب عضة البرد في ارتعاش الجسم.

● **الوقاية من ضربة الحر،** وذلك بإتباع ما يلي:

- تجنب ارتفاع درجة حرارة الجسم، وذلك بتجنب العمل في الجو الحار بدون الاحتياطات الواجبة.
- التوعية الكاملة لكبار السن بعدم التعرض للحرارة.
- مراجعة الأدوية الخاصة بهم والتي تسبب إعاقة للتوازن الحراري، وأيضاً تلك التي تسرع من عملية الجفاف.
- لبس ملابس خفيفة وواسعة من القطن مع المواظبة على شرب السوائل.
- التوعية الصحية بأسباب وأخطار ضربة الحرارة.

● عضة البرد

تعد كل من عضة البرد (Frost Bite) والبرودة الشديدة (Hypothermia) خطراً محتملاً بسبب التعرض إلى جو شديد البرودة، وتؤدي عضة البرد إلى تلف أنسجة الجسم نتيجة تعرضها للتجمد وتسبب فقدان في الإحساس وبياض أو اصفرار عند نهايات الأطراف مثل أصابع الأيدي والأرجل وشحمة الأذن ومقدمة الأنف. يجب الحصول على معاونة طبية عند حدوث هذه الأعراض، كما يجب عدم دلك هذه المناطق أثناء انتظار المعاونة الطبية. وإذا ظهرت على المريض أعراض برودة الجسم الشديدة يجب أولاً تدفئة قلب الجسم (Body Core) قبل الأطراف.

وتتمثل أعراض عضة البرد في الارتعاش غير المنتظم، وفقد الذاكرة، وعدم القدرة على الإتزان، والكلام غير المفهوم، والخمول، والتعب الشديد.

● **الإسعافات الأولية لعضة البرد،** ويتم قياس درجة حرارة المريض، فإذا كانت أقل من (٣٥م) يجب عمل ما يلي:

- البحث عن معاونة طبية.
- في حالة تأخر هذه المعاونة أو عدم وجودها فيجب البدء في تدفئة المريض ببطء بدءاً من قلب الجسم. ويمكن استخدام التدفئة الذاتية من جسم المسعف في حالة عدم وجود مصدر للتدفئة وذلك بالالتصاق بالمريض.
- لف المريض بغطاء جاف بحيث يغطي الرأس والرقبة أثناء الإسعافات.
- لا يعطى للمريض أي نوع من الأدوية أو المشروبات الساخنة. يمكن إعطاء حساء ساخن وبكمية قليلة.
- عدم تدفئة الأطراف مباشرة لأن ذلك سوف يدفع الدم البارد إلى القلب والذي بدوره يؤدي إلى تعطله عن العمل وموت المريض.

المراجع

1- **السيد محمود السيد سليمان، محمد عادل العالم**. مقدمة في الفيزياء الحيوية، جامعة الملك سعود، تحت النشر ٢٠٠٢.

2- **Harchelroad F**. Acute Thermoregulatory disorders. Clin Geriatr Med 1993; 9 (3): 621-637.

3- **Simon HB**. Hyperthermia and heat Stroke. Hosp Pract 1994; 29 (8): 65-80.

4- Gale Encyclopedia of Medicine. Heat Disorders.

5- Hypothermia, Frost Bite. Sussex County on line 1999-2001.





التصوير بالرنين المغناطيسي

د. عادل مجدوب حسيب

كان الحدث سيكون واحداً من سلسلة طويلة من الأحداث العلمية التي تعكس التداخل بين المجالات العلمية المختلفة وبصورة خاصة المعرفة الفيزيائية في تطوير أساليب تشخيص الأمراض ومداواتها. ولعل من أبرز الاستفادة من الأشعة الكهرومغناطيسية مثل الأشعة السينية، أشعة الليزر، أشعة جاما، وغيرها من الإشعاع في الطب. وقد ظهر الرنين المغناطيسي مستخدماً أشعة الراديو الكهرومغناطيسية والمجالات المغناطيسية القوية، كواحد من أفضل الأساليب التشخيصية في نهاية القرن العشرين. وقد كان التحول إلى الاستعمالات الإشعاعية هو اكتشاف رونتجن في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر الأشعة التي أسماها الأشعة السينية، لأنه لم يكن يعرف هويتها في البداية، والتي استطاع فيما بعد تفسيرها وتصنيفها بعد ذلك ضمن الأشعة الكهرومغناطيسية وطورها للاستخدام في التصوير الإشعاعي لأول مرة في بداية القرن العشرين.

لفت اكتشاف رونتجن الأنظار إلى الإمكانات الهائلة التي يتيحها استخدام الإشعاع غير المرئي في النظر إلى داخل الجسم البشري والتعرف على تركيبه السوي منه أو المصاب بالعطب. فقد تمكن بذلك من تصوير العظام بكفاءة عالية والحصول على صور للمناطق الأخرى من الجسم، عن طريق إمرار حزمة من الأشعة السينية عبر الجسم والتقاط ما يتبقى منها مما لم يمتصه الجسم على أفلام حساسة توضح كثافة الامتصاص الذي تم في كل مكان مر عليه الإشعاع. وقد لاقت أجهزة رونتجن رواجاً واسعاً في مجال الطب وامتد استخدامها إلى الأجهزة الأمنية في مطارات وغيرها. إلا أن هذه الأشعة كانت ولازالت كمسدراة بما يسبب الداء. فمن المعلوم أن الإكثار منها خطر يؤدي إلى آثار مستعصية وخبيثة مثل السرطان وتلف الخلايا والأجنة، وذلك لكونها "أشعة مؤينة"، بمعنى أن التردد الذي تصدر به موجاتها يمثل كمية من الطاقة الضوئية (الفوتونية)، والتي يمكن حسابها بعلاقة "بلانك"، وهي أكبر من الطاقة اللازمة لتفكيك الروابط الكيميائية بمعظم الجزيئات ومن الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترونات من الذرات، مما يؤدي إلى ظهور الجذور الحرة الضارة بالخلية الحية أو إلى تعديل الشفرة الوراثية الموجودة فيها والتي تتحكم بأسلوب تجددها وتكاثرها. وهذا يشير إلى أن التعرض للأشعة السينية يحمل مخاطر محسوبة في كل الحالات. ولذلك تولد حماس كبير عندما تم تطويع الموجات فوق السمعية للحصول على صور للجسم البشري، وهذه في طبيعتها تختلف اختلافاً بيناً عن الأشعة الكهرومغناطيسية حيث أنها موجات ميكانيكية ولا تحمل طاقة فوتونية. ولكن الأمل أن تعطي صوراً واضحة وضوح صور الأشعة السينية.

ولكن لأسباب تتصل بطبيعتها الأساسية فإنها لا تعطي إلا صوراً ضئيلة الوضوح ونظراً لأنها أكثر أمناً من الأشعة السينية بالنسبة للحالات مثل الحمل مثل تلك التي تكون الأجنة فيها، فإن استعمال الموجات فوق السمعية في التصوير قد شاع في الاستخدام للكشف عن الأورام المختلفة بالجسم.

وقد حاول المستخدمون للأشعة السينية تحسين الصور التي يتم التقاطها لأجزاء الجسم التي لا تحتوي على كثافة مادية عالية بحقن المرضى بمواد كيميائية تساعد على إظهار الصورة سميت هذه المواد "بعوامل التباين" (contrast agents) ووجدت استعمالات واسعة عند تصوير الأحشاء وبعض الأجزاء الأخرى التي يكثر فيها الماء. إن مثل هذه الأساليب تستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي لزيادة وضوح الصورة، ويرتبط وضوح الصورة في آلة الأشعة السينية ارتباطاً مباشراً بالكثافة المطلقة للمادة في كل مكان من الجسم، وبذلك تبدو فيها صور العظام واضحة بصورة مميزة عن الحشوة المكونة من الأنسجة الأخرى. وقد ساعد على استخدام الأشعة السينية في الطب ظهور الحاسبات الآلية بعد منتصف القرن العشرين حيث تمت الاستفادة منها في الحصول على الصور المقطعية بطريقة المسح المتسلسل (Computerized Tomography scanner CT) وقد ظهر ذلك كأسلوب بديل لتصوير الامتصاص السيني المباشر. ومهد هذا بدوره لاستعمالات الرنين المغناطيسي الطبية بصورة كاملة على استخدام الحاسبات الآلية. فكلا الأسلوبين يعتمد على الحصول على صور كثيرة من زوايا عديدة لمواقع مختلفة داخل الجسم ثم تجميع هذه الصور لتكوين صورة مركبة عالية الوضوح تعكس شدة الامتصاص الكهرومغناطيسي عند كل نقطة من الجسم، ويمكن تركيز عمليات التصوير على مناطق محددة داخل الجسم فتظهر صورها بتباين عالٍ أو حتى بالإمكان معالجة الصورة وإظهار أجزاء منها بالألوان فيكون تفسيرها والاستفادة منها أسهل من الصور العادية التي يتم الحصول عليها باللونين الأبيض والأسود.

نظريات وتطبيق الرنين النووي المغناطيسي

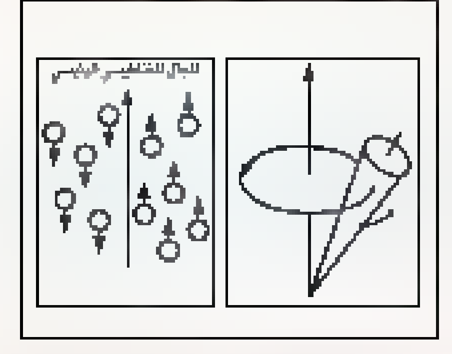
يوضح التاريخ الموجز للنظريات والتطبيقات للتصوير بالرنين المغناطيسي أن الأبحاث العلمية في هذا المجال قد بدأت في فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية حينما استطاع العلماء الاستفادة من معجزات الهندسة الحربية في الرادار وفي تحقيق الطفرات وفي إيجاد أساليب أفضل لتوليد الأشعة الكهرومغناطيسية وصنع كاشفات عالية الحساسية لها. إلا أن الأفكار النظرية الخاصة بالرنين المغناطيسي قد سبقت ذلك بما يزيد عن عشر سنوات، وقد كانت نتاجاً مباشراً لنظريات ميكانيك الكم التي ازدهرت في العشرينات والثلاثينيات من القرن. وقد سبق العالم دامديان الذي بنى أول جهاز للتصوير بالرنين المغناطيسي عشرات العلماء الذين شاركوا نظرياً وتجريبياً في اكتشاف الأسس النظرية والظواهر العلمية التي يبنى عليها جهاز الرنين المغناطيسي وتم ذلك كله في نفس الوقت الذي حدثت فيه الثورة الإلكترونية بتصميم الترانزستور والدوائر الإلكترونية المتكاملة، وكلها مجالات في دراسة فيزياء الجوامد وخواصها أو في تفاعل الإشعاعات مع المادة. وهذه بدورها تعتمد على التردد والطول الموجي للإشعاع وكمية الطاقة التي يحملها كل فوتون محمول عبر هذه الموجات.

وقد كانت أول دراسة معملية تجريبية على الرنين المغناطيسي هي التي أجراها العالم الروسي زافويسكي (Zavoisky) في عام ١٩٤٤م وبرهن بها أن بالإمكان الحصول على رنين مغناطيسي للإلكترونات أي ما يسمى بالرنين الإلكتروني البارامغناطيسي (EPR)، تلا ذلك بسرعة حصول الأمريكيان بلوخ (Bloch) و بورسل (Purcell)، كل على حدة في عام ١٩٤٦م على الرنين المغناطيسي النووي للذرات (NMR) وهي أساليب طيفية لدراسة المادة حيث توضع العينات في مجال مغناطيسي قوي قبل أن يمرر عليها إشعاع كهرومغناطيسي ذو تردد متغير ثم البحث عن الترددات التي يحدث بها أعلى امتصاص للإشعاع، وذلك هو في الواقع عملية توافق بين شدة المجال وقيمة التردد تعرف في الفيزياء باسم الرنين (resonance). ويلاحظ أن الامتصاص لا يتم إلا إذا استوفيت شروط معينة تربطها وفق معادلة بسيطة تعطي العلاقة بين التردد (f) والحث المغناطيسي (magnetic induction) والذي يتناسب مع شدة المجال المغناطيسي وهي كالتالي:

$$hf = \gamma B$$

حيث (B) الحث المغناطيسي و (h) ثابت بلانك و γ ثابت تناسب.

وتوضح هذه العلاقة أن بعض النوى تمتص الفوتونات عندما تجد نفسها في مجال مغناطيسي ذي الشدة المناسبة وتقاس شدة المجال بوحدة "الجاوس" وإذا علمنا أن شدة المجال المغناطيسي للكرة الأرضية هي نصف جاوس فإن الشدة المناسبة المغناطيسية المستخدمة في الرنين المغناطيسي هي عشرون ألف جاوس أي بما يزيد عن شدة مجال الكرة الأرضية بأربعين ألف مرة.



● شكل (١) استجابة البروتونات للمجال المغناطيسي الخارجي

● آلية الإمتصاص بالرنين المغناطيسي

يمكن شرح آلية امتصاص النوى للموجات بالرنين المغناطيسي عند وضعها في المجال المغناطيسي بأن بعض النوى تتصرف وكأنها مغناطيس صغير بحكم أنها ثنائية القطب المغناطيسي. ونعني نواة الهيدروجين من أمر هذه العناصر الصغيرة وأشدها استجابة للمجالات المغناطيسية الخارجية، حيث تتكون من بروتون واحد وتتواجد في كل جزيء مائي وعند وضع هذه النوى في مجال مغناطيسي فإنها تميل للإتجاه في اتجاه المجال وتبدأ في حركة ترنحية (Precessional motion) حول اتجاه المجال كما هو موضح في شكل (١)، فإذا سلط عليها إشعاع كهرومغناطيسي امتصت منه الفوتونات وحولت اتجاهها للدوران حول المجال المغناطيسي في الاتجاه المعاكس لاتجاهها الأول، وتكون بذلك في حالة طاقة عالية لا تلبث أن تفقد معظمها في زمن معين يعرف بزمن الاسترخاء، وهو الزمن الذي تعود بعده النواة إلى حالتها الأولى. ولا تزيد أزمنة الاسترخاء في غالبية الأحوال عن بضعة أجزاء من الثانية. ويمكن الآن رصد عمليات الإمتصاص والإسترخاء بدقة عالية لذلك تعد عملية رصد ومتابعة الاسترخاء أساس التصوير بالرنين المغناطيسي. مما يجدر ذكره أن زمن الاسترخاء يتغير بتغير نوع وكثافة الأنسجة حيث تؤدي السرعات المختلفة للإمتصاص عند الاسترخاء على نوع وكثافة الأنسجة التي تحمل الماء يتضمن الهيدروجين. فكلما كان زمن الاسترخاء أطول فإن ذلك يعني أن الأنسجة تحتفظ بالطاقة التي اكتسبتها لمدة أطول، وبذلك فإن معدلات فقد الطاقة أو نقلها إلى جزيئات النوى المجاورة تعتبر هي التي تحدد نوع الحالات التي تحيط الجزيء. ونظراً لأن الجسم البشري يحتوي على نسبة عالية من ذرات الهيدروجين، فإن هذه النسبة بالتأكيد تتيح لنا تصويراً جيداً لجميع أنسجة وخلايا الجسم. ويمكن القول أن التصوير بالرنين المغناطيسي أصبح أسلوب ممتاز للحصول على صور ذات نوعية عالية من باطن الجسم البشري خاصة وأنه مر بمراحل تطوير متعددة يمكن توضيحها في الجدول (١).

الفترة	ماتم فيها
١٩٤٦م	تجارب فيلكس بلوخ (Felix Bloch) و ادوارد بيرسل (Edward Purcell) بصورة مستقلة، منح بموجبها جائزة نوبل عام ١٩٥٢م
١٩٥٠ - ١٩٧٠م	تطوير دراسة الخواص والتحليل الكيميائي والفيزيائي للذرات والجزيئات بالرنين المغناطيسي
١٩٧٠م	بداية عهد التصويري (Lauterbur) استخدام الحاسب الآلي للتعرف كيفية توزيع الجزيئات المغناطيسية في الأنسجة
١٩٧١م	ريموند داماديان (Raymond Damadian) يوضح أن زمن الاسترخاء يختلف باختلاف نوع الأنسجة السرطانية مما حفزه نسبياً في تصميم جهاز للتصوير بالرنين المغناطيسي
١٩٧٣م - ١٩٧٥م	منح ريتشارد إرنست (Richard Ernst) جائزة نوبل لتطويره الأساليب الرياضية (تحويلات فورير) والرقمية للحصول على الصورة بواسطة جهاز للتصوير
١٩٧٧م	حصول ريموند داماديان على صورة كاملة للجسم البشري حيث استغرقت الصورة حوالي خمس ساعات
١٩٨٠م	تطوير نظم التصوير بواسطة بيتر مانسفيلد (Peter Mansfield) بالحصول على الصورة في خمس دقائق ومن ثم في جزء من الثانية
١٩٨٧م	الحصول على صورة لدورة ضخ الدم للقلب البشري، وكانت بداية التصوير المغناطيسي الوظيفي (functional MRI)
١٩٩٤م - ٢٠٠٠م	استخدام الأساليب الإلكترونية المتقدمة والحاسبات الآلية المطورة مع علم الرياضيات الرقمية للحصول على صورة متحركة (video image) لمتابعة أنشطة الجسم الحيوية والوظيفية

● جدول (١) تاريخ تطور التصوير بالرنين المغناطيسي

● آلية التصوير بالرنين المغناطيسي

بالرغم من أن التصوير بالرنين المغناطيسي قد يبدو عملية معقدة إلا أن بالإمكان تبسيطها عبر النقاط التالية:

١ - يشمل جسم الإنسان البلايين من ذرات الهيدروجين، بدرجات متفاوتة من الكثافة في كل مكان من الجسم.

٢ - عند وضع هذه الذرات في مجال مغناطيسي تحت ظروف معينة فإنها تستطيع أن تمتص الموجات اللاسلكية في المجال الكهرومغناطيسي.

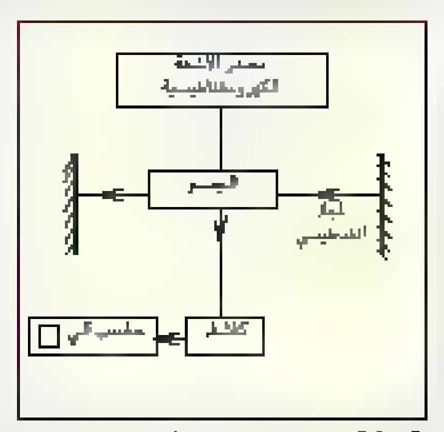
٣ - يوضع جسم الإنسان في المجال المغناطيسي ويتم في نفس الوقت توجيه الموجات اللاسلكية نحو جسمه من ناحية وقياس الإمتصاص الذي يحدث بها من الناحية الثانية. وقد يقاس أيضاً الزمن الذي يصاحب تغير شدة الإمتصاص.

٤ - بتوجيه الموجات نحو مناطق محددة من الجسم يمكن تسجيل الإمتصاص عند كل منطقة على حدة، حيث تعتمد شدة





● جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي



● كيفية عمل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي

الإمتصاص على كثافة ذرات الهيدروجين في كل مكان من الجسم، وتعتمد الكثافة على طبيعة الخلايا والأنسجة المكونة لكل جزء من الجسم.

٥- يتم تحويل هذه القياسات في زمن وجيز لمناطق المراد تصويرها في الحاسب الآلي ثم يعاد ترتيبها وإعادة إظهارها كصورة توضح تباين الكثافة في الأنسجة المختلفة.

٦- بما أن رصد كثافة الإمتصاص يمكن أن يتم عند سطح الجسم أو داخله حسب الحاجة، لذلك يمكن السيطرة على مصدر الإشعاع اللاسلكي وتوجيهه إلى الأماكن التي يتم امتصاصه (جزئياً) فيها.

٧- يتم المسح التصويري (Mapping) باستعمال الحاسبات الآلية بطريقة شبيهة بما يتم في عمليات الإستشعار عن بعد بالحصول على صورة لكل نقطة في الجسم المراد تصويره وبتجميع النقاط المصورة (بالآلاف أو بالملايين في وقت وجيز) في مخزون إلكتروني بالحاسب تسمى كل وحدة من الصورة Pixel يعاد إظهارها للعرض جنبا إلى جنب لإعطاء الصورة الأصلية.

وتجري عملية المسح عادة على سطح مستو وباختيار نقطة واحدة منه يحدد مكانها بالإحداثيات الثنائية (X Y)، وبعد مسح جميع النقاط في سطح واحد يمكن الإنتقال إلى السطح الذي يليه في عمق الجسم وبذلك يتم الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد داخل الجسم تسمى عادة بالشريحة (Slice) حيث يمكن تصوير أي عدد من الصور لأي جسم ثلاثي الأبعاد

وفي حالة الرنين المغناطيسي فإن الصورة عبارة عن تغيرات شدة الإمتصاص للأشعة الكهرومغناطيسية عند كل نقطة في كل سطح أو شريحة.

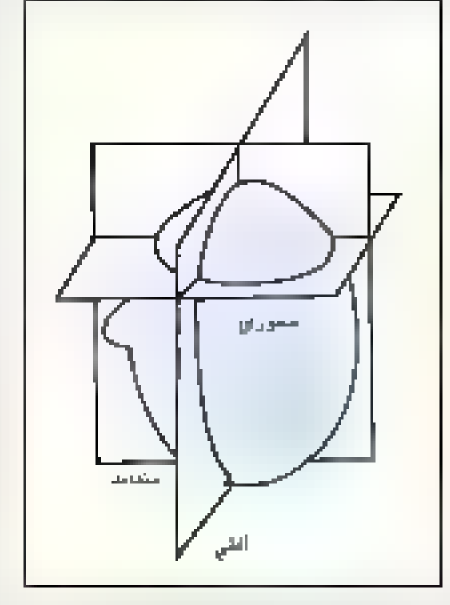
مزايا التصوير بالرنين المغناطيسي

تلاحقت التطورات التي تلت التصميم العملي لأول جهاز تصوير بالرنين المغناطيسي في عام ١٩٧٧م بسرعة كبيرة واستفادت كثيراً من تطور الحاسبات الآلية وتطور الإلكترونيات، مما أدى إلى انتشارها بصورة مذهلة. وذلك لمميزاتها بما يلي:

- يمكن أن تلتقط الصور لأي مكان من الجسم وبأي اتجاه أثناء وجود المريض داخل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي دون لمس أو تحريك جسم المريض بأي شكل من الأشكال، وبذلك يمكن تصوير الرأس والصدر والبطن أو القدمين في أي مكان.

- التصوير بسرعة عالية تقترب من سرعات التصوير بكاميرا الفيديو.

- الحصول على ما يسميه الأطباء بالمقاطع المحورية والأفقية (axial and coronal) والمستويات المتعامدة عليها والتي تستخدم لتحديد اتجاه التصوير في الجسم، وهذه



● اتجاهات التصوير بالرنين المغناطيسي



● صورة مجهرية لخلية

الإمكانية يتميز بها التصوير بالرنين المغناطيسي عن التصوير بالأشعة السينية الذي يتطلب تغيير وضع المريض كلما كانت هناك حاجة للتصوير في اتجاه آخر.

- لا تمثل أجهزة خطورة ولا تسبب أذى في الظروف العادية للمريض أو العاملين في المستشفيات.

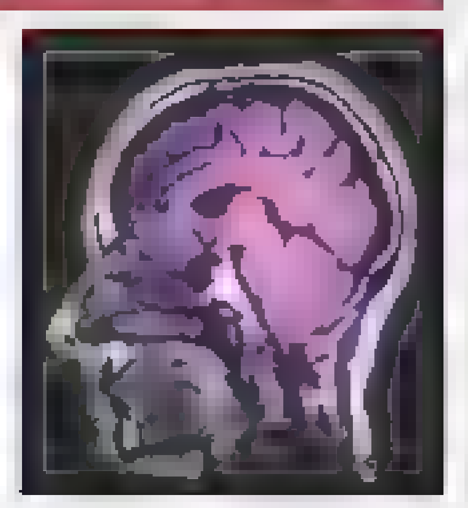
- تعد الأجهزة الحديثة ذات النفاذ المفتوح لا تسبب ضيقا أو أذى للمريض.

- لا يحتاج المريض في معظم الحالات إلى درجة كبيرة من الإعداد قبل عمل الصور، ماعدا بعض الحالات الخاصة التي يتم فيها تجهيزه بجرعات من مواد تساعد على زيادة تباين الصورة ووضوحها، وتحقن هذه المواد أو تعطى بالفم، وهي غير ضارة وغير مؤلمة.

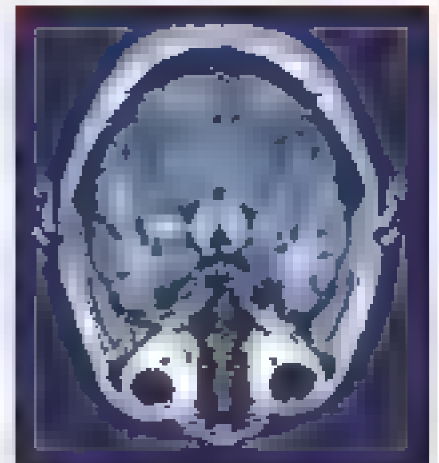
- يمكن الآن استخدام التصوير بالرنين المغناطيسي إضافة إلى الصور الساكنة داخل جسم الإنسان لمتابعة نشاط أعضاء معينة من الجسم تحت ما يسمى بالتصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي (Functional Magnetic Resonance Imaging: FMRI) مثل: ضخ الدم عبر القلب، أو التنفس في الرئة، أو حتى متابعة نشاط المخ في حالات التفكير المختلفة، أو الاستجابة للمؤثرات الخارجية، أو النشاط العضلي.

- الحصول على صور مجهرية بتقنية (Microscopic MR) مثل صور البكتيريا والفيروسات.

- يمكن ربطها مع الأجهزة المكبرة للصورة والأجهزة التي تستخدم الإلكترونات في المجاهر الخاصة مما يساعد الباحثين على



● صورة جانبية للرأس.



● صورة محورية لرأس بمنطقة الدماغ

الحصول على صور دقيقة بأساليب عديدة توفر لهم ثروة من المعلومات عن طبيعة المواد التي يدرسونها.

التطبيقات الطبية للرنين المغناطيسي

تعتمد التطبيقات الطبية التي تستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي بصورة أساسية على وضوح الأسلوب للتصوير ومرونته العالية بالإضافة إلى السلامة عند التعرض أو استعمال أجهزة المغناطيس. وليس هناك ثمة خطر يرتبط باستخدام هذه الأجهزة إلا أن تكون هناك بعض المواد المعدنية أو المغناطيسية في جسم المريض نتيجة عمليات طبية سابقة مثل وضع المسامير لربط العظام أو وجود منظم لضربات القلب، وفي هذه الحالات يجب دراسة حالة المريض بعناية قبل تعريضه للمجال المغناطيسي العالي الذي تستخدمه أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي.

وبالرغم من ارتفاع أسعار الأجهزة إلا أن معظم المستشفيات الآن قد حصلت عليها أو تسعى للحصول عليها، ولا يكاد يخلو مستشفى في دول العالم المتقدم منها. ويرى كثير من الباحثين أن هذه الأجهزة أدوات تشخيصية ضرورية ولا غنى عنها في الطب الحديث. وبدأت خطى حثيثة لاستعمالها كأجهزة لدراسة النواحي الوظيفية (الفسيولوجية) في الجسم البشري في كثير من المستشفيات ومراكز الأبحاث.

ويمكن تلخيص التطبيقات الطبية الأساسية المهمة التي تستدعي استعمال التصوير بالرنين المغناطيسي فيما يلي:

١. دراسة الأورام في المخ والغدد وغيرها من الأنسجة اللينة التي تتضرر كثيراً من الأشعة المؤينة مثل الأشعة السينية.

٢. دراسة التهابات المخ والعمود الفقري والفواصل بين العظام.

٣. دراسة الروابط الممزقة في الرسغ والركبة والكاحل والقفص الصدري والكتف.

٤. تقدير كميات الأنسجة المختلفة الصلبة واللينة منها، وتحديد كمية الماء فيها.

٥. التعرف على أمراض العظام وطبيعة نموها.

٦. متابعة حركة الدم في الأوردة والشرايين وتشخيص الجلطات في مراحلها المبكرة.

٧. دراسة التنفس عبر الرئة وكفاءة عملية الاستفادة من الأكسجين.

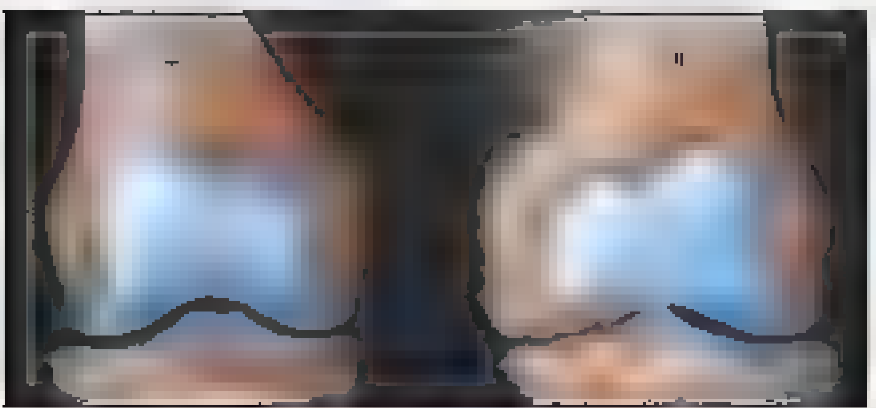
٨. التعرف المبكر على مرض ضمور العضلات أو تأخر نموها.

مستقبل الرنين المغناطيسي

لا يزال التصوير بالرنين المغناطيسي يافعاً حيث لا يزيد عمره العملي في المستشفيات عن بضعة عشر عاماً، ولا زالت هناك مساعٍ علمية وتقنية حثيثة لتطويره ليصبح أكثر فعالية وفائدة، وليصبح أقل تكلفة وأصغر حجماً لكي يكون في متناول الجميع، ولن يستغرق الأمر طويلاً (إن شاء الله) لكي تصبح صورة الرنين المغناطيسي هي الصورة المفضلة على صورة الأشعة السينية في معظم الحالات الطبية، وستكون هي الصورة التي سيطلبها الطبيب لتعاونه في تشخيص الحالة والصورة التي يطمئن لها المريض ولا يخشى من مضاعفات جانبية من تأثيراتها.



● صورة جانبية للعمود الفقري.



● صورة مجهرية لركبة مريضة (أ) وأخرى سليمة (ب).

الموجات الدقيقة (Microwaves) أو الميكروويف، وموجات الراديو (Radio Waves) عبارة عن موجات تمثل جزءاً من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمتد من موجات عالية التردد قصيرة الطول (أشعة جاما والأشعة الكونية) وموجات الراديو ذات الأطوال الموجية الطويلة جداً ومنخفضة التردد.

تتراوح ترددات الموجات الدقيقة ما بين ٣٠٠ ميجاهيرتز إلى ٣٠٠ جيجا هيرتز، أما تردد موجات الراديو فيتراوح ما بين ٣ كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ ميجا هيرتز، ويوضح الشكل ( ) والجدول (١) مجال موجات الدقيقة وموجات الراديو مقارنة بالمجالات الأخرى من الطيف الكهرومغناطيسي.

تتميز موجات الراديوية والدقيقة بتشابه خواصهما ولذلك تقسمان عادة في البحث والدراسة على أنهما شيء واحد.

وتحتل موجات الراديوية والدقيقة أهمية عظمى بسبب إمكانية استخدامهما في عدة مجالات من أهمها ما يلي:

١- الاتصالات، حيث يمكن بواسطتها نقل البرامج التلفزيونية والإذاعية بين المدن وعبر القارات والرادار، وكذلك نقل كم هائل من الأقنية الهاتفية والتلفزيونية والاتصالات الداخلية والخارجية ومحطات الملاحة البحرية والجوية والفضائية وأنظمة التحكم والسيطرة والمراقبة.

٢- الصناعة ومن ذلك مثلاً اللحام الحراري والتسخين وأجهزة التلميع والتجفيف وأفران الميكروويف Microwave ovens وغيرها.



استخدام الموجات الدقيقة في اللحام الحراري.

٣- الطب وخاصة العلاج الطبيعي حيث يمكن الاستفادة من التأثير الحراري الناتج عن امتصاص هذه الموجات في تصميم أجهزة بسيطة وأكثر أماناً وسهلة الحمل تستخدم في العلاج الحراري للجزء المصاب من الجسم.

مصادر الموجات الدقيقة وموجات الراديو

تأتي الموجات الدقيقة وموجات الراديو من مصدرين هما:

● المصادر الطبيعية

تشمل المصادر الطبيعية للموجات الدقيقة وموجات الراديو الإشعاع الشمسي وإشعاع النجوم في المنظومة الشمسية، وكذلك الإشعاعات الناجمة عن العواصف الرعدية والتي تكون بترددات منخفضة.

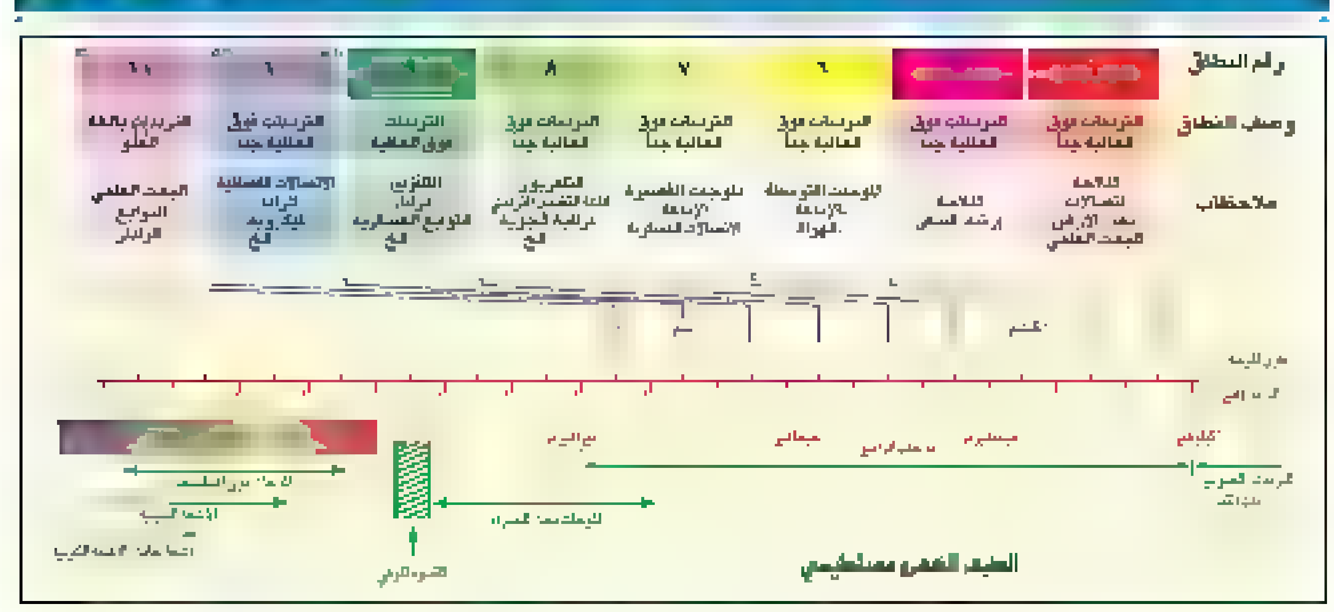
● المصادر الصناعية

تشمل المصادر الصناعية للموجات الدقيقة وموجات الراديو ما يلي:

١- أجهزة الرادار
٢- أجهزة الإرسال التلفزيوني والبث الإذاعي
٣- أجهزة الاتصالات اللاسلكية وأنواع الهواتف المحمولة
٤- أجهزة التجفيف واللحام
٥- أجهزة التسخين والأفران الميكروية
٦- أجهزة السيطرة والتحكم وتتبع المقذوفات الصاروخية
٧- أجهزة الجراحة
٨- أجهزة العلاج الطبيعي

الإنتاج والتوليد

تتولد الموجات الدقيقة وموجات الراديو صناعياً بطرق مختلفة وذلك بواسطة دوائر كهربائية معينة تقوم بتوليد جسيمات مشحونة وتحريكها في مجال مغناطيسي متعامد مع مجال كهربائي بحيث تتردد هذه الجسيمات بمعدل ثابت في حدود تردد الموجات الدقيقة الراديوية (٣ كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ جيجا هيرتز)، وتتعدد طرق إنتاج هذه الموجات باختلاف



● شكل (١) موقع الموجات الدقيقة وموجات الراديو من الطيف الكهرومغناطيسي

غرض الاستخدام صناعي أو طبي أو علمي إلى ما يلي:

١- أجهزة المعجل السريع مثل جهاز الماجنترون Magnetron وجهاز الكلايسترون Klystron.

٢- أجهزة المذبذبات ومن أهمها مذبذب جن (Gunn oscillator) ومذبذب الترانزستور (Transistor oscillator) والمذبذب البلوري (Crystal oscillator) ومذبذب الصمام (Valve oscillator).

خصائص الموجات الدقيقة

عند سقوط الموجات الدقيقة والراديوية على مادة فإنها إما أن ترتد كما هو الحال في المعادن، أو تنفذ وبالتالي فإنها عند نفاذها في الوسط إما أن تفقد جزءاً بسيطاً من طاقتها كما هو الحال بالنسبة للزجاج، أو يتم امتصاصها بواسطة الوسط وبالتالي ترفع من درجة حرارته كما يحدث عند سقوطها على الأنسجة الحية.

ويعزى ارتفاع درجة حرارة الوسط إلى آلية تسخين الوسط إلى اثنين هما:

١- تسخين جول (Joule heating) الظاهرة الفيزيائية المعروفة للتسخين وهو تسخين ناتج من السبب الأيوني المستحدث بواسطة المجال الكهربائي الذي تسبب فيه مرور الإشعاع في الوسط.

٢- التذبذب بين الجزيئات المستقطبة Polar molecules في الوسط كجزيئات الماء مثلاً والمجال الكهربائي المستخدم ذو الترددات العالية على اعتبار أن هذا المجال الكهربائي المتناوب (AC) يدفع بهذه الجزيئات للتذبذب (الاهتزاز) إلى الأمام والخلف المحصور على وضع الاتزان مع هذا المجال. وبما أن هذه الاهتزازات تجد مقاومة من قبل القوى الجزيئية الرابطة فإن الشغل المبذول بواسطة هذا المجال المتناوب للتغلب على هذه القوى يتحول إلى حرارة في الوسط الذي يسقط عليه، وهذا هو السبب الذي يقوم عليه عمل الأفران الحرارية المعروفة بـ الأفران الميكروويف.

وعند توغل الموجات الدقيقة والراديوية في الوسط فإنها تفقد طاقتها تدريجياً كما يتضح من خلال منحنى الأليف المشار إليه ويتناسب هذا التناقص المستمر والمتناقص للطاقة مع مسافة التوغل (العمق) في الوسط حسب المعادلة

$$E_2 = E_1 e^{-\alpha t}$$

E_1 = الطاقة الأولية

t = سماكة الوسط

E_2 = الطاقة عند العمق

α = معامل الامتصاص للوسط

نوع الإشعاع	الطول الموجي		التردد (هيرتز - Hz)	
	من	إلى	من	إلى
موجات الراديو	١ كلم	٣م	٣×١٠^{٣}	١×١٠^{٩}
الموجات الدقيقة	٣م	٣,٠ مم	١×١٠^{٩}	١×١٠^{١٢}
تحت الحمراء	٣,٠ مم	٠,٧ ميكرومتر	١×١٠^{١٢}	$٤,٣ \times ١٠^{١٤}$
الضوء المرئي	٠,٧ ميكرومتر	٠,٤ ميكرومتر	$٤,٣ \times ١٠^{١٤}$	$٧,٥ \times ١٠^{١٤}$
فوق البنفسجية	٠,٤ ميكرومتر	٠,٠٣ ميكرومتر	$٧,٥ \times ١٠^{١٤}$	١×١٠^{١٦}
الأشعة السينية	٠,٠٣ ميكرومتر	١,٠ نانومتر	١×١٠^{١٦}	٣×١٠^{١٨}
أشعة جاما	٠,١ نانومتر	١ بيكومتر	٣×١٠^{١٨}	$٣ \times ١٠^{[illegible]}$

● جدول (١) أطوال وترددات الطيف الكهرومغناطيسي

التطبيقات الطبية والحيوية

يمكن استخدام الموجات الدقيقة والراديوية ذات الترددات المنخفضة من المدى ٥٠ كيلو هيرتز إلى ٢٥ ميجا هيرتز للأغراض الطبية والعلاجية.

وتتلخص الفاعلية العلاجية والطبية والحيوية للموجات الراديوية والدقيقة عند التردد المذكور على اعتبار أنها قادرة على التوغل داخل الأنسجة الحية كجسم الإنسان ورفع درجة حرارة محيط الوسط المحصور في مجال سقوطها فقط ويعرف طبياً باستخدام الترددات المذكورة لأغراض العلاج الحراري Diathermy أو Heating Therapy.

ويمكن استخدام هذه التقنية الطبية الحديثة في الاستفادة من هذا التسخين والإحماء للوسط المحيط بغرض التخفيف من آلام العضلات والتهاب المفاصل والأغراض الأخرى التي يكون فيها التسخين للأنسجة الداخلية مفيداً.

ومما يجدر ذكره أن أهم خاصية للموجات الدقيقة تنحصر في إثارة جزيئات الماء كما في أفران الميكروويف، فاختيار التردد المناسب لهذه الموجات يتطابق مع الطاقة اللازمة لإثارة جزيئات الماء في الوسط، وبالتالي تتم عملية الامتصاص بحدها الأقصى لإحداث عملية التسخين.

ومن أهم المجالات الطبية والحيوية للموجات الدقيقة ما يلي:

● العلاج الطبيعي

تعتمد تقنية العلاج الطبيعي بالموجات الدقيقة والموجات الراديوية على الاستفادة من خاصية التسخين المرافقة لامتصاصها حيث تستخدم بواسطة أخصائي العلاج الطبيعي لتدفئة وتسخين الأنسجة في العمق وفي نفس الوقت يتم التحكم والسيطرة على درجة الحرارة الخارجية وتعرف هذه الطريقة (Microwave Resonance Therapy-MRT)، وهي بديل ناجح للتقنية الصينية القديمة المعروفة بالوخز بالإبر.

● عمليات البالون المكروية

أثبتت تقنية عمليات البالون الميكروية (Microwave Ballon Angioplasty) نجاحها في الحد من حدوث المشاكل التي عادة ما تعقب عمليات قسطرة البالون التقليدية.

● تسخين أحواض المعقم

يمكن تعقيم الأجهزة الطبية وغيرها عن طريق الموجات الدقيقة (Microwave Sterile docking) بدلاً من التعقيم بالطرق التقليدية (أفران حرارية وغيرها)، حيث تعد هذه الطريقة قادرة على تأمين مصدر حراري آمن يسهل التحكم فيه والسيطرة عليه دون أدنى درجة من التلوث.

● إتلاف الخلايا السرطانية

تعتمد تقنية إتلاف الخلايا السرطانية بالتسخين المعروفة بـ (الهايبرثيرميا Hyperthermia) على التسخين المحدود والمقيد في مكان محدد (كموقع الخلايا السرطانية) مما يسهل من مهمة القضاء عليها دون إتلاف خلايا الوسط المحيط بها. وقد تم حديثاً تطوير هذه التقنية بشكل كبير باستخدام تقنية علاج التخثر بالميكروويف المعروف باسم (Microwave Coagulation Therapy-MCT).

● مجالات طبية أخرى

يمكن استخدام التسخين بالموجات الدقيقة والراديوية في المجالات الآتية:

١- تقنية تسخين وتدفئة الدم في الدورة الدموية أثناء إجراء العمليات الجراحية.

٢- إذابة عينات كريات الدم الحمراء المجمدة عادة عند درجة حرارة (-٦٥°م) بدلاً من استخدام الطريقة التقليدية (حمام ماء دافئ)، والتي عادة ما تكون بطيئة وغير مأمونة المخاطر من التلوث.

٣- جراحة وعلاج القلب بالتسخين في حالات الـ (Arrhythmia) وانسداد الشرايين.

٤- جراحة الأنف والأذن والحنجرة حيث يتم استخدام هذه التقنية لعلاج حالات احتباس الهواء فضلاً عن حالات الشخير.

٥- جراحة المسالك البولية لمعالجة انسداد القناة البولية واحتباس البول الناتج عن تضخم البروستات فيما يعرف بتقنية (TUMT).

ويطلق على الجهاز المستخدم في هذه التقنية (TUMT) البروستاترون (Prostatron)، وهو يوفر الراحة والشفاء من حالات التبول المتكررة الناتجة عن تضخم البروستاتا دون أي تدخل جراحي أو تخدير أو ألم أو أي علاج عن طريق الفم أو الوريد. ويعد الجهاز المذكور أول



● استخدام الموجات الدقيقة في مجال التعقيم

الأجهزة التي تستخدم تقنيات موجات الراديو والموجات الدقيقة في مجال الطب وأكثرها تطوراً، إذ يعتمد عليه من حيث الأمان والفاعلية، ويعطي الجهاز فرصة للتحكم بالحرارة في الموضع المطلوب (البروستاتا) من خلال السيطرة على تردد هذه الموجات، بينما تبقى بقية الجهاز البولي بارد، وتعد هذه التقنية عالية الفاعلية، فهي في الغالب تعطي شفاء طويل الأمد يصل إلى الشفاء الكامل بإذن الله ونتيجة لهذا العلاج فقد تعود غدة البروستاتا إلى حجمها الطبيعي بعد سلسلة جلسات علاجية.

التطبيقات المستقبلية

من المتوقع أن تشمل هذه التطبيقات استخدامات كثيرة منها العمليات الجراحية الخاصة بإزالة الشحوم والدهون الزائدة من الجسم، وعمليات اللحام للأنسجة بعد العمليات الجراحية، وتطبيقات أخرى كثيرة مازالت قيد الدراسة والبحث.

كذلك لا يقتصر استخدام الموجات الدقيقة حاليا في التطبيقات الطبية على الأثر الحراري فقط، ولكن يمكن أن تكون لها عدة تطبيقات أخرى إعتماداً على الأثر الكهرومغناطيسي.

وعلى الرغم من أن هذه الإكتشافات مازالت في مرحلة التطوير والدراسة إلا أنه هناك طرقاً سريرية تم البدء في تطبيقها وفقاً لهذه الخاصية، ففي دول الإتحاد السوفيتي السابق ودول الكتلة الشرقية تم إستخدام ما يسمى بالموجات الدقيقة النادرة في علاج بعض الأمراض والأعراض منها القرح المزمنة وخاصة قرح الجهاز الهضمي، وقد أثبتت هذه التقنية نجاحاً كبيراً في علاج هذه القرح بعد جلسات محدودة خاصة مرضى البول السكري والذين يجدون صعوبة في التئام القروح بالطرق التقليدية.

المخاطر الصحية

على الرغم من التطبيقات المذكورة لموجات الدقيقة والراديوية إلا أنها لا تخلو من بعض مخاطر (الأضرار) نتيجة للتأثير الحراري والسببي التي تحدثه في الوسط والمعروفة بـ Hyper thermy.

وتشمل هذه المخاطر الأضرار والتلف التي قد تصيب العين والخصيتين نتيجة لهذا التعرض، حيث أن كل من أنسجة العين والخصيتين معروفة بعدم قدرتها على استيعاب الطاقة الحرارية الناتجة والتخلص منها بمعدل يفوق ١ إلى ١٥ ملي واط / سم٢

بالإضافة لذلك فإن الاستخدام لهذه الحزم من الطيف الكهرومغناطيسي تتزايد بشكل كبير جدا نتيجة للتطور في مجال تطبيقات هذه الموجات بتجاوز الآف المرات عما كان عليه قبل نهاية الحرب العالمية الثانية، الأمر الذي يزيد من مخاطر التعرض لها رغم أنها من الإشعاعات غير المؤينة، ومن الأمثلة على ذلك يعد مرض السرطان من الأمراض التي يمكن أن يزيد معدل انتشاره نتيجة للتعرض للموجات الدقيقة والراديوية، لذلك أدى الإنتشار والتوسع الكبيرين في إستخدام الموجات المذكورة وتطبيقاتها إلى إنشاء لجنة دولية تعنى بمخاطرها وتحديد الجرع الإشعاعية لكل من العاملين في هذا الحقل وعامة الجمهور.

وتسمى هذه اللجنة «بالهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة» ICNIRP، وهي هيئة دولية إنبثقت من الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع المعروفة بـ (ICRP).

ومن أهم واجبات اللجنة المذكورة وضع حد للوقاية للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية غير المؤينة الممتدة من موجات الراديو حتى الأشعة فوق البنفسجية، وتعد هذه الحدود حدوداً



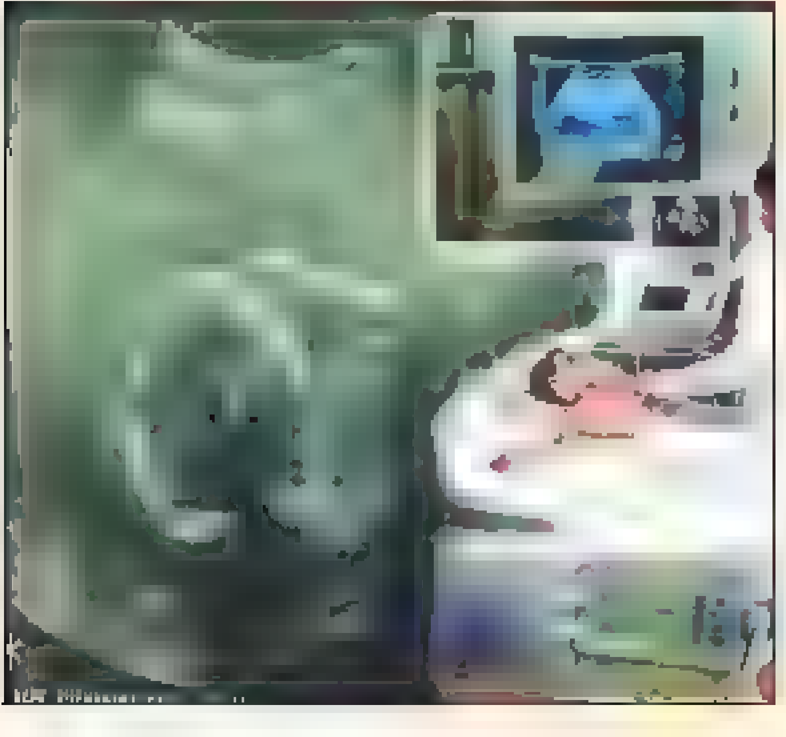
● جراحة بمسالك البولية بتقنية (TUMT)

الأمان هامة جداً لوقاية الإنسان من أخطار هذه الموجات، فعلى سبيل المثال أكدت بعض الأبحاث والدراسات المتأخرة على خطورة الموجات الدقيقة المستخدمة في الهواتف المحمولة، على الرغم من أن قدرة هذه الموجات صغيرة جداً إلا أن هذه الدراسات أكدت أنها يمكن أن تسبب الأمراض السرطانية وإضطرابات في الأعضاء المختلفة كالمخ والعين وغيرها، ولهذا فقد صدر عن اللجنة العديد من التوصيات لتلافي مثل هذه المشاكل مثل التأكيد على تقليص زمن الإتصال، وإبعاد الجهاز عن الأجهزة التنفسية الحساسة وعدم استخدام هذه الأجهزة من قبل الأطفال حتى سن البلوغ، وما إلى ذلك من التوصيات الخاصة بعمليات الاستخدام للأجهزة المعنية والمطبقة.



● تأثير الموجات الدقيقة على العين

الموجات فوق السمعية في الطب



د. السيد محمود السيد سليمان

الموجات الصوتية هي موجات ميكانيكية تنشأ عن اهتزاز المواد، مما ينتج عنه زيادة أو نقص الضغط في الوسط المحيط بمصدر هذه الموجات، وبسبب هذا التغيير في الضغط تنتشر هذه الموجات طوليا، أي أنها تنتشر في نفس اتجاه زيادة ونقص الضغط.

تتميز الموجات الصوتية كغيرها من الموجات بخواص محددة مثل الطول الموجي (λ) وعدد مرات ذبذباتها في الثانية، وهو ما يطلق عليه التردد (f) الذي يقاس بوحدة الهرتز HZ (ذبذبة لكل ثانية)، بجانب ذلك فإن هذه الموجات لها سرعة انتشار (v) حيث ترتبط هذه الخواص ببعضها البعض حسب المعادلة الآتية: $v = f\lambda$

بالإضافة إلى ذلك فإن للموجات الصوتية شدة تعتمد على سعة ذبذباتها، كما أن خواصها تعتمد على خواص الوسط المحيط بها مثل مرونة الوسط، وتصلب من كثافة ودرجة حرارة وخلافه. وتقاس الشدة الصوتية بوحدة تقاس (شدة نسبية) هي الديسبل dB.

أقسام الموجات الصوتية

تنقسم الموجات الصوتية - بناء على ترددها - إلى ثلاثة أقسام هي:

● الموجات تحت السمعية

الموجات تحت السمعية هي الموجات التي لا تستطيع أذن الإنسان استقبالها بسبب أن ترددها أقل من مدى المسموع، ويصل هذا التردد إلى أقل من ٢٠ هيرتز تقريبا.

● الموجات السمعية

الموجات السمعية هي الموجات التي يقع ترددها في المدى المسموع للأذن، وهو من ٢٠ هيرتز إلى ٢٠ ألف هيرتز.

● الموجات فوق السمعية

الموجات فوق السمعية (ultra sound) هي الموجات التي يزيد ترددها على ٢٠ ألف هيرتز، وتتميز هذه الموجات بأن ترددها أكثر من مدى المسموع بواسطة الأذن ولذلك لا تستطيع استقبالها، ويطلق على هذا النوع تجاوزاً الموجات فوق الصوتية، وهو خطأ شائع.

● خصائص الموجات

تتميز الموجات الصوتية بأنواعها المذكورة بأنها موجات ميكانيكية لها نفس صفات الموجات الضوئية من حيث الانعكاس والانكسار، وتغير مسارها وتلاشي طاقتها تدريجيا عند سريانها في الوسط المارة فيه، إضافة إلى إمكانية تكوين عدسات صوتية لتركيز الصوت مثل العدسات الضوئية.

إنتاج وتطبيقات الموجات فوق السمعية

للموجات فوق السمعية تطبيقات عديدة جدا في الحياة وخاصة في الطب وكذلك في العلاج، فهي تستخدم الآن في تشخيص وتصوير الأعضاء المختلفة في الجسم الساكن منها أو المتحرك، وترجع أهمية استخدام هذه الموجات في الطب إلى أنها موجات ميكانيكية غير ضارة بالصحة مقارنة بالموجات الكهرومغناطيسية المختلفة المستخدمة، مثل الأشعة السينية وأشعة جاما، والتي قد تؤدي إلى إصابة الإنسان بالسرطان أو أمراض أخرى عند تعريضه لها بجرعات كبيرة، ولهذا السبب يحظر على المرأة الحامل التعرض لمثل هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية خاصة عند تصوير الجنين.

كان أول استخدام للموجات فوق السمعية أثناء الحرب العالمية الثانية، فقد استخدمتها البحرية في الكشف عن الغواصات في نظام يسمى سونار (sonar) وتأتي هذه الكلمة اختصاراً لمجموعة من الكلمات هي:

استخدام الصوت (sound) في الملاحة navigation وقياس المدى ranging

وتتلخص هذه الطريقة في إرسال موجات فوق سمعية في اتجاه الهدف فتصطدم عند سيرها بالهدف فتنعكس وترتد ثانية إلى مصدر هذه الأشعة، وعن طريق حساب زمن الارتداد يمكن معرفة بُعد هذا الهدف. ومن شروط استخدام الموجات فوق السمعية أن يكون هناك جهاز لإنتاج هذه الموجات وجهاز آخر لاستقبالها وتسجيلها.

● إنتاج الموجات فوق السمعية

تعد خاصية البيزوكهربية (piezoelectricity) التي توجد في بعض المواد وخاصة الكوارتز من أهم الطرق لإنتاج وتسجيل الموجات فوق السمعية. فإذا وضعت بلورة من الكوارتز بين لوحين فلزيين، ومن ثم وُصلت هذه الألواح بجهد كهربي متردد، فإن هذا الجهد يسبب تضاغط وتخلخل البلورة، أي تنتج ذبذبات ميكانيكية في مدى فوق السمعي.

الجدير بالذكر أنه إن تعرضت بلورة الكوارتز لموجات ميكانيكية فإنه سوف تنتج شحنات متغيرة على اللوحين الفلزيين المحيطين بها، أي تقوم بالعملية العكسية. وهكذا تقوم بلورة الكوارتز بإنتاج الموجات فوق السمعية وكذلك تسجيلها، أي تقوم بالإرسال والاستقبال.

وتتكون معظم الأجهزة التي تستخدم الموجات فوق السمعية أساساً من محول (Transducer) عبارة عن رأس توجد فيه بلورة الكوارتز التي تقوم بإرسال واستقبال الموجات، ومتصل الرأس بسلك أو كابل يوصل المغذية الكهربائية واستقبال الإشارة الكهربائية الناتجة عن الموجات المنعكسة أو توصيلها إلى أجهزة التسجيل والقياس والرؤية.

● طرق الاستخدام

توجد عدة طرق لاستخدام الموجات فوق السمعية في مسح (scan) أعضاء الجسم المختلفة منها ما يلي:

* طرق المسح (أ) (A-scan)، وتطبق للحصول على معلومات تشخيصية عن عمق الأجسام الغريبة الموجودة في الجسم أو أبعاد مكونات العضو، فمثلاً إذا طبقت هذه الطريقة على العين فإنه يمكن إيجاد المسافات بين القرنية والعدسة والشبكية، وأيضاً تحديد الأجسام الغريبة في العين. وفي هذه الطريقة يوضع الرأس المحول (الموجود به البلورة) ملاصقاً تماماً للعين بعد تغطيتها بمادة جلاتينية لإحكام مرور موجات فوق السمعية، والتي تكون على هيئة نبضات تستمر في حدود ميكروثانية وبتردد من ٤ إلى ٦ كيلو نبضة في الثانية (كيلو هيرتز).

وعندما تنتشر هذه الموجات داخل العين فإن جزءاً منها يرتد عند وجود أي حد فاصل داخل نسيج العين، ومن حساب زمن الارتداد يمكن إيجاد العمق أو البعد، وذلك بمعرفة سرعة هذه الموجات داخل الوسط.

* طرق المسح (ب) (B-scan)، وتستخدم لإيجاد صورة العضو في بعدين، وهي تختلف عن طرق المسح (أ) في أن المحول يتحرك، وأنه يقوم بمسح شامل للعضو، وإن كان الجهاز مزوداً بحاسب فإنه يقوم بتجميع الموجات المرتدة على هيئة صورة ثنائية الأبعاد، ومع التقدم المذهل في برامج الحاسب أمكن الحصول على صور ملونة ثلاثية الأبعاد.

* طرق المسح (م) (M-scan)، وتجمع هذه الطريقة بين الطريقتين السابقتين (أ) (ب)، وفيها يكون المحول ثابتاً والعضو هو الذي يتحرك مثل حركة القلب وصماماته، ولتطبيق هذه الطريقة في حالة القلب، يوضع المحول على الجانب الأيسر للمريض بين الضلوع ويوجه إلى القلب بزاوية معينة لتسجيل الموجات المرتدة، وتكرر هذه العملية عندما يكون المحول موجهاً بزوايا مختلفة. وفي هذه الحالة يمكن استخدام الحاسب لتخزين النتائج والحصول على صور لأجزاء القلب المختلفة وحركة صماماته.

* تأثير دوبلر (doppler effect): ويستخدم لقياس سرعة تحرك الأشياء مثل قياس سرعة الدم أو ضربات قلب الطفل في رحم الأم، ويأتي مصطلح تأثير دوبلر نسبة إلى مكتشفه، وتعتمد الفكرة الأساسية لتأثير دوبلر المعروفة منذ القدم على أنه إذا اقترب شخص من مصدر صوتي ازداد تردد الصوت الذي يستقبله، أما إذا ابتعد عن مصدر فإن التردد الذي يستقبله يقل.

الجدير بالذكر أن قياس سرعة تحرك الأشياء باستخدام تأثير دوبلر ليست قاصرة على استخدام موجات فوق السمعية، ولكن يمكن استخدام أي نوع آخر من الموجات الكهرومغناطيسية مثل موجات القصيرة والموجات الدقيقة والأشعة تحت الحمراء وأشعة الليزر.

● التطبيقات التشخيصية

من أهم تطبيقات تقنية الموجات فوق السمعية ما يلي:

* الحمل: ويعد ماسح الموجات فوق السمعية (ultrasonography) منذ تطبيق استخدام الموجات فوق السمعية في أواخر



● استخدام الموجات فوق السمعية في الملاحة قديماً وحديثاً.



● صورة الجنين بالموجات فوق السمعية

عام ١٩٩٥ في التشخيص من أهم الأدوات التشخيصية في حالة الحمل، حيث بات من المألوف الآن استخدام أجهزة تسمى الماسح الزمني (real time scanner) لأنه يعطي صورة متصلة بحركة الجنين داخل الرحم تظهر على شاشة الماسح.

تستخدم في هذه التقنية أجهزة تطلق موجات فوق سمعية بتردد من ٣.٥ إلى ٧ ميجاهرتز من خلال محول Transducer، يوضع على بطن الأم الحامل بعد تغطيتها بسائل جيلاتيني لإحكام توصيل هذه الموجات خلال جدار البطن. ويتحرك المحول لمسح جميع البطن وتكون الموجات المرتدة صورة تظهر بمساعدة الحاسب على شاشة الماسح حيث يمكن رؤية حركة قلب الجنين وقياس دقات قلبه وتسجيل أي تشوهات أو أضرار به. كما يعطي معلومات عن حجم الجنين وعمره ونموه وحتى ميعاد الوضع.

وبسبب أن الموجات فوق السمعية آمنة فإنه لا توجد قواعد صارمة لتحديد مرات عمل المسح أثناء الحمل. إنما غالباً ما يجري المسح الأول بعد ٧ أسابيع لتأكيد الحمل وذلك بقياس نبضات الجنين. أما المسح الثاني فيكون بين الأسبوع ١٨ إلى ٢٠ وذلك لمراقبة النمو ومكان وهيئة المشيمة وأيضاً لتلافي الحمل المزدوج (خارج الرحم) ولتأكيد أزمنة الوضع. بينما يكون المسح الثالث في حدود الأسبوع ٣٤ للتأكد النهائي للجنين بالذكر أو الأنثى. فالمسح المذكور يعتمد على نتائج المسوحات السابقة أو عندما يشتبه في حدوث أشياء غير طبيعية أثناء الحمل.

● **تشخيص أمراض الرحم**، وقد ثبت من تقرير جامعة كاليفورنيا سان فرانسيسكو أن الموجات فوق السمعية نجحت في تشخيص ٩٥٪ من حالات إصابة الرحم بالسرطان والأمراض المتعلقة بسن اليأس عند السيدات وخاصة بريف الدم. وفي هذه الحالة يستخدم تقنية تسمى (Endovaginal ultrasound-EVUS) حيث يدخل محول (المجس) داخل المهبل لكي يقوم بقياسات بطانة الرحم وتصويره فإن كان سمكه أكبر من ٥مم فإن ذلك يعني احتمال وجود عامل مخاطرة كبيرة للإصابة بالسرطان، وفي هذه الحالة تؤخذ مسحة للتشخيص المعملي.

● **تشخيص أمراض الثدي**، وقد أمكن الاستغناء عن استخدام الأشعة السينية بتقنية المسح الماموجرافي (mammography) في تشخيص أمراض الثدي لأنها تعرض السيدة لجرعات أشعة سينية كبيرة وخاصة في حالة كبر الثدي. لذلك وجد أن الموجات فوق السمعية تساعد في الكشف السريع عن أورام الثدي وطبيعة هذه الأورام من حيث الصلابة والسيولة.

● **عضلات الصدر**، حيث تساعد هذه التقنية في تحديد أماكن الخدع العينات من الصدر. وكذلك أماكن وضع الأعصاب العلاجية فيه.

● **كشف المثانة ومجرى البول**، يمكن بواسطة الموجات فوق السمعية وباستخدام الدوبلر قياس سرعة اندفاع البول ومن ثم تحديد مكان اختناقه سواء كان في المثانة أو بمجرى البول.

● **المسح البطني** (Abdominal scan)، ويمكن بواسطته الكشف عن عدد من مسببات أمراض البطن، مثل آلام البطن والدوار والقيء. ويمكن أيضاً عمل مسح للكبد والبنكرياس والطحال وكذلك الكشف عن المرارة ومجاري العصارة الصفراء.

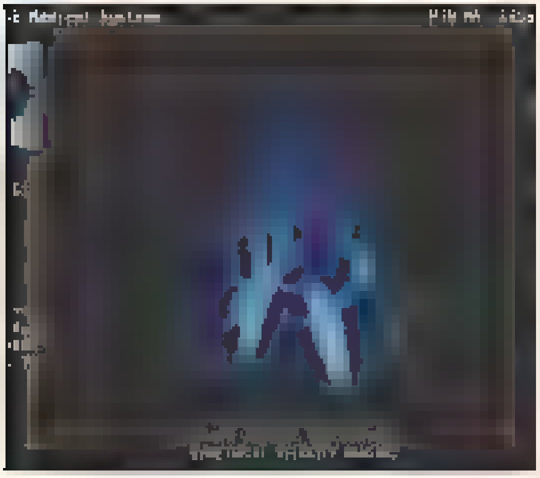
● **التطبيقات العلاجية**

تستخدم الموجات فوق السمعية في العلاج أيضاً وليس فقط في التصوير والتشخيص الدقيق للأمراض. وتنقسم الموجات فوق السمعية المستخدمة في العلاج على أساس شدتها (كثافة قدرتها) إلى نوعين هما:

موجات فوق سمعية ذات شدة قليلة أو متوسطة، وفي هذه الحالة تستخدم في العلاج الطبيعي وإزالة الآلام والتئام الجروح وما إلى ذلك.

موجات فوق سمعية ذات شدة كبيرة وتصل شدتها إلى ألف وات/سم٢ ويكون التأثير الحراري لها كبيراً ولذا فإنها تستخدم في إزالة الأورام وتجلط الدم وأمراض العيون.

ويعتمد استخدام الموجات فوق السمعية في العلاج عموماً على التأثير الحراري الناتج عن مقاومة النسيج خلال سريان هذه الموجات خلاله. فعندما تمر موجات فوق السمعية داخل النسيج فإنها



● مسح الكبد بالموجات فوق السمعية

تحدث مناطق من التضاغط والتخلخل بداخله، وإذا زادت هذه التضاغطات والتخلخلات عن حد المرونة لهذه الأنسجة فإنها تتمزق، وهذا يفسر سبب تمزق طبلة الأذن بواسطة أصوات ذات شدة كبيرة نتيجة للضغط والتخلخل الذي يصاحب هذه الموجات فوق سمعية.

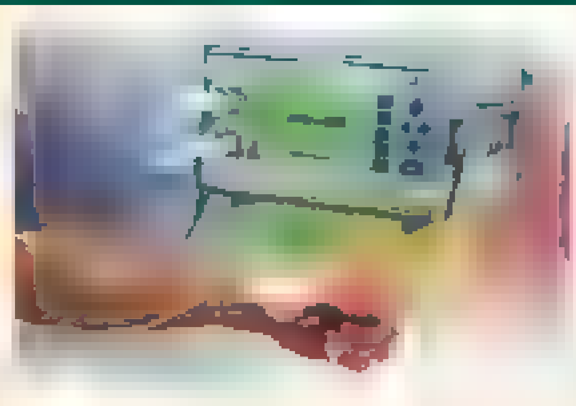
الجدير بالذكر أن الموجات فوق السمعية ذات شدة ٣٥ وات / سم ٢ يمكنها إحداث تغيرات في الضغط مقدارها ١٠ ضغط جوي، وهذا بدوره ينتج قوة هائلة تؤدي إلى تكسير روابط جزيئات المادة، وعند الشدة العالية جداً فإن الماء يتحول إلى أول أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهيدروجين (H_2) مما يؤدي إلى تكسير روابط الأحماض الأمينية والنووية.

كذلك يمكن أن يؤدي الضغط السالب خلال فترة التخلخل إلى خروج الغاز المذاب في المحاليل مثل الدم، وبذلك تتكون الفقاقيع (Cavitation) التي تقوم بدورها بقطع الروابط بين الغاز والأنسجة.

ويمكن للموجات فوق السمعية عند شدة مقدارها ألف وات / سم٢ أن تدمر أي نسيج عند أي عمق بواسطة شعاع من موجات فوق الصوتية المركزة موجهة نحو الهدف، وفي هذه الحالة لا يكون التدمير بسبب التأثير الحراري فقط ولكن بسبب التغيرات الكيموحيوية بداخل النسيج.

ومن هنا نرى أن الموجات فوق السمعية ذات الشدة العالية تعد أداة مهمة وآمنة للقضاء على الأورام بأنواعها والأورام الليفية وفي إزالة المياه البيضاء من العين. وتعتمد شدة الموجات المستخدمة على حسب الحالة.

تعمل الأجهزة المنتجة للموجات فوق السمعية عند تردد بين ١ إلى ٣ ميجاهرتز ودورات تشغيل (Duty Cycle) تتراوح من ٢ إلى أقل من ١٠٠٪ بالأجهزة النبضية (Pulsed) أي التي تعمل على النظام النبضي. أما إذا وصلت دورات التشغيل إلى ١٠٠٪ فتسمى بأجهزة النظام المستمر (Continuous). ويستخدم كل نوع على حسب حالة العلاج سواء كانت حادة



● استخدام الموجات فوق السمعية في العلاج الطبيعي

أو مزمنة، وذلك كما يلي:

● **العلاج الطبيعي**: ويعد من أهم مجالات الاستخدام لهذه التقنية، حيث تستخدم بصفة خاصة في الإصابات التي يطلق عليها إصابات الملاعب التي تشمل كدمات العضلات والأربطة وكدمات والتهابات المفاصل. ويتم ذلك بوضع المحول (Transducer) المنتج للموجات فوق السمعية ذات التردد والشدة ودورة العمل المناسبة على سطح المنطقة المصابة بطبقة من السائل (gel) الموصل فينشأ عن سريان الموجات الصادرة داخل العضلة وعن طريق ذبذباتها تسخين أنسجة هذه العضلة، فتتسبب هذه الحرارة في تمدد الأوعية الدموية المغذية للعضلة، وبذلك تحفز مرور الدم حاملاً الأكسجين والمواد الغذائية. وفي نفس الوقت يتم التخلص من المواد الضارة مثل حمض اللبن (Lactic acid) الذي يسبب تراكمه داخل العضلات الإحساس بالألم.

كما تستخدم الموجات فوق السمعية في إدخال المواد المسكنة على هيئة سائل إلى داخل الجسم، وذلك بتغطية الجزء المراد تسكينه بهذه المواد، ثم وضع محول الموجات فوق السمعية ذو الموجات المستمرة على هذا الجزء فتقل الالتهاب.

● **التئام الجروح**: وتقوم الموجات فوق السمعية عند وضعها على مكان الجرح العميق والبسيط خاصة جروح مرضى البول السكري المغطى بالسائل الموصل بالضغط على الخلايا الحلمية (mast cell) وينتج عن ذلك انسياب مادة الهستامين والمواد الموصلة (mediators) الأخرى، وتلعب هذه المواد دوراً هاماً في تحفيز وجلب مكونات الخلايا إلى مكان الجرح، وتساعد هذه العملية مع عمليات أخرى في تسريع مرور مرحلة الالتهاب والتي بدورها تؤدي إلى التئام الجرح بسرعة.

إضافة لذلك فقد لوحظ أثناء هذه العملية أن الموجات فوق السمعية تؤثر على خلايا الألياف (Fibroblast) وتحثها على إفراز الكولاجين، وهذا بدوره يسرع ويحسن قوة الأنسجة الضامة مكان الجرح.

● **استخدامات أخرى**: ومن ذلك إزالة الدهون في الأماكن غير المرغوب فيها بالجسم، وطب الأسنان وبالتحديد في إزالة التكلسات المترسبة على الأسنان (scalers).

مستقبل أجهزة الموجات فوق السمعية

نظراً لأن الموجات فوق السمعية ليس لها أي آثار جانبية تذكر على جسم الإنسان مثل تلك الناجمة عن الموجات الكهرومغناطيسية المؤينة (الأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها) والتي يمكن أن تؤدي إلى الإصابة بالسرطان عند تكرار التشخيص بها، لذا فمن المؤمل أن تستبدل هذه الأجهزة وخاصة المقطعية منها (CT) بأجهزة تستخدم الموجات فوق السمعية تؤدي نتيجة أفضل.

وتجري الأبحاث لإنتاج وتصميم جهاز يستخدم الموجات فوق السمعية في تصوير أعضاء الجسم وفي نفس الوقت وقف نزيف الدم خاصة أثناء الحوادث وأرض المعارك، ويسمى هذا الجهاز Acoustic Hemostasis Device For Advanced Trauma care. وتنشأ أهميته من معرفة أن وقف النزيف الداخلي للدم من جسم الإنسان يعد أحد الأسباب الرئيسة للوقاية من حالات حوادث الطرق والحروب، إذ في هذه الحالة

يجب إسعاف المصاب في زمن وجيز جداً وإلا فإن فرصة بقائه على قيد الحياة تكون معدومة، ولذلك فإنه يطلق على الزمن بعد الإصابة بالساعة الذهبية (Golden Hour). ويتوقف ذلك على مكان الإصابة، فمثلاً إن نشأ عن الإصابة قطع في شريان رئيسي بقطر ١مم فإن الدم في هذه الحالة يمكن أن يتدفق بسرعة ٣٠ سم/ثانية ويتسبب في فقدان كلي للدم بعد أقل من ٤٥ دقيقة.

تعتمد فكرة هذا الجهاز على وجود وحدتين، إحداهما تقوم بتصوير الجزء المصاب في الجسم وتقدير سرعة خروج الدم بواسطة تأثير دوبلر، بينما تقوم الوحدة الأخرى بتركيز شعاع من الموجات فوق السمعية عالية الشدة ناحية النزيف الذي تم تشخيص مكانه سابقاً. في هذه الحالة فإن النزيف سوف يتوقف نتيجة تجلط الدم بفعل الحرارة الناتجة من الموجات فوق السمعية، وبذلك يسعف المريض في نفس المكان ودون عملية جراحية، وهذا من شأنه الحفاظ بإذن الله على الأرواح وتقليل النفقات العلاجية.

المراجع

1- The American college of obstetricians and Gynecologists (abbreviated in references ACOG): Planning for Pregnancy, Birth and beyond. A Dutton Book, May 1992.

2- Blatt, Robin J.R.: Prenatal Tests. Vintage Books. New York, August 1988.

3- The Boston Women's Health Collective: The New Our Bodies Our Selves. Simon and Schuster New York, NY 1986.

4- Rothman, Barbara Katz: The Tentative Pregnancy. Viking Penguin Inc. New York, NY 1986.

5- Seher Jonathan, M.D. and Dix, Carol: Will my Baby Be Normal? How to Make Sure. The Dial Press, New York, 1983.

6- Cameron J.R., Skofronick J.G.: Medical Physics chapter 2,13 John Wiley & Sons New York 1978.

7- Dyson, M and Smalley D: Effects of Ultrasound on wound contraction. In Millner R and Corket (eds): Ultrasound interaction in Biology and Medicine. Plenum New York 1983 P 151.

8- http://photo.apl.washington.edu/bartlett and www.ultrasound/medical/hemostat.html

عالم في سطور

الدكتور عبدالقادر

عالمنا من العلماء الأفذاذ الذين نذروا حياتهم لخدمة العلم والإنسانية، من العلماء الذين سطروا صفحات مضيئة في حاضر هذه الأمة.

لقد كان من العلماء البارزين الذين ربطوا العلم بالإيمان، وقصر سنواته الأخيرة على التأمل والتفكر في عظمة الخالق سبحانه وتعالى.

أصبح عالمنا في وقت قصير من أعظم الأساتذة البارزين في كلية الطب في جامعة القاهرة، مع أنه لم يحصل على درجة في الطب، إذ كان تخصصه في الكيمياء الحيوية. ظهر نبوغه منذ السنوات الأولى، حيث كان متميزاً في جميع مراحل تعليمه الابتدائي والثانوي والجامعي.

يعد عالمنا من أعظم العلماء البارزين في الكيمياء الحيوية على مستوى العالم، فلقد نشر العديد من الأبحاث العلمية القيمة، التي تحمل اسمه وتدرس في الجامعات الأجنبية.

● الاسم والجنسية: محمد محمود عبدالقادر، مصري الجنسية.

● تاريخ ومكان الميلاد: ولد في ١٩/٢/١٩٢١م بالقاهرة، جمهورية مصر العربية.

● تعليمه:

بكالوريوس في الكيمياء والنبات من جامعة القاهرة عام ١٩٤١م مع مرتبة الشرف.

دكتوراه في الكيمياء الحيوية من جامعة لندن عام ١٩٤٨م.

● أعماله:

بدأ أعماله كمحاضر في قسم النبات في كلية الطب بعد تخرجه مباشرة.

١٩٤٣م كيميائي في وزارة الصحة.

١٩٤٤م عاد إلى قسم الكيمياء الحيوية في كلية الطب.

١٩٦٦م أستاذ في قسم علم وظائف الأعضاء بكلية الطب.

١٩٨٧م رئيس معهد علوم التغذية.

● إنجازاته:

ألقى أكثر من ١٨٥ ورقة علمية في المؤتمرات المحلية والدولية، غطت كثيراً من المواضيع منها الكيمياء الحيوية، والتغذية الكاملة والرياضيين، والمغذيات الكاملة والجنس، والعلم واكتشاف الجريمة، وطبيعة وكيمياء الحياة، والتغذية كعلم وفن، والعقول المريضة والمخدرات الجديدة.

يعد أول مصري يمنح درجة الدكتوراه في علم الكيمياء الحيوية.

أنجز العديد من الأبحاث العلمية القيمة في مجال الخلايا الحيوية التي تحمل اسمه وتدرس في الجامعات الأجنبية.

أسس كلية الطب في بني غازي بليبيا.

ساهم بشكل فعال في تطوير معهد علوم التغذية.

● الجوائز والأوسمة:

جائزة الدولة التشجيعية عام ١٩٦٠م.

وسام الاستحقاق عام ١٩٨٥م.

جائزة الاستحقاق الرسمية عام ١٩٨٦م.



بدأ الطب النووي منذ أكثر من خمسين عاماً وأصبح الآن من تخصصات الطبية المهمة في مجال تشخيص وعلاج الأمراض الخطرة. ويوجد الآن في الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من أربعة آلاف قسم طب نووي في المستشفيات المختلفة تجري أكثر من ١٠ ملايين عملية تصوير وعلاج نووي في العام. ورغم أهمية هذا التخصص لعناية بالمرضى إلا أنه غالباً ما يحدث لبس أو سوء فهم بينه وبين تخصصات أخرى مثل الأشعة العامة والأشعة المقطعية (CT) والتصوير بالرنين النووي المغناطيسي (MRI).

يعنى الطب النووي بالعضو من الناحية التشريحية، بالإضافة إلى الناحية الوظيفية، والتي تعطي معلومات مفيدة وهامة عن عمل العضو وبيان الأجزاء التي لا تعمل فيه أو المصابة بأمراض سرطانية، وذلك في حالة الفحص المبكر. وبذلك يمكن تشخيص أي مرض منذ بدايته. وتعد هذه الميزة الوظيفية من المزايا التي يتفرد بها الطب النووي عن التقنيات الأخرى التي يتم فيها تشخيص العضو عن طريق تكوين صورة له من الناحية التشريحية فقط. لذلك تعد تقنيات الطب النووي من أحسن التقنيات للعديد من البحوث الطبية مثل دراسة وظيفة قلب المريض والاختناقات في شرايين الدم خاصة التي تغذي الأجزاء المختلفة من المخ، وكذلك في تصوير ودراسة وظائف جميع أعضاء الجسم كالكبد والكلى والغدة الدرقية وغيرها.

وتستخدم في الطب النووي كميات قليلة من المواد الدوائية المشعة (Radio Pharmaceutical) التي تصدر أشعة جاما (γ) والتي تتميز بقابلية الالتحام بالأعضاء والأنسجة والعظام ليتم تسجيلها بآلات تصوير محددة تسمى آلة تصوير (كاميرا جاما) (Gamma or PET Camera). وتعمل هذه الكاميرا مع الحاسب لتكوين صور متتابعة للعضو. ويتم إدخال المادة الدوائية المشعة بداخل الجسم إما بالاستنشاق أو البلع أو الحقن. وعند وصول هذه المادة إلى العضو المراد فحصه فإنها تصدر إشعاعات جاما التي يمكن تصويرها خلال فترة معينة كافية لإعطاء معلومات عن وظيفة هذا العضو. وفي نفس الوقت تصويره ومعرفة الدقائق التشريحية له. وتبلغ الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض من جراء إدخال كمية من مادة مشعة لأشعة جاما خلال عملية الفحص نفس الكمية تقريباً التي يمكن أن يتلقاها المريض أثناء التشخيص باستخدام الأشعة السينية. وهنا تعد تقنيات الطب النووي مناسبة من حيث المخاطر والتكاليف، فضلاً عن أنها تستخدم الآن في كثير من التخصصات الطبية، مثل طب الأطفال، والقلب، والمخ والأعصاب، والعظام. ويوجد الآن أكثر من مائة طريقة من طرق التصوير بتقنيات الطب النووي التي تستخدم في التشخيص والعلاج والوقاية من الأمراض.

يتضح مما سبق أن تقنية الطب النووي تبنى على المواد الصيدلانية المشعة وآلة التصوير الإشعاعي المعروفة بكاميرا جاما.

يستعرض هذا المقال طرق تحضير المواد الصيدلانية المشعة والاستخدامات الطبية لهذه التقنية، وكذلك شرح موجز لعمل آلة التصوير الإشعاعي.

المواد الصيدلانية المشعة

المواد الصيدلانية المشعة (Radio Pharmaceutical) عبارة عن عناصر مشعة تستخدم في الطب. وتختلف العناصر المشعة عن العناصر غير المشعة في أن العناصر المشعة يمكنها أن تصدر إشعاعات مؤينة حتى تصل لحالة الاستقرار. ويرجع السبب في عدم استقرار العناصر المشعة أن عدد نيوتروناتها أكثر من نيوترونات العنصر المستقر.

الجدير بالذكر أن العناصر المشعة يمكن أن تصدر إما جسيمات ألفا (α) أو جسيمات بيتا (β) أو إشعاعات جاما (γ) في

بعد وصولها إلى الحالة المستقرة ويمكن تعريف هذه الجسيمات وأشعة جاما كما يلي:

جسيمات ألفا

جسيمات ألفا (α) عبارة عن نواة الهيليوم (He) المكونة من بروتونين ونيوترونين، وهي جسيمات مشحونة موجبة الشحنة تبلغ شحنتها ضعف شحنة البروتون، لذا يمكن التحكم في مسارها باستخدام مجالات كهربائية أو مغناطيسية، كما يمكن تعجيلها باستخدام المعجلات النووية إلى قيم عالية للطاقة. وتنتمي هذه الجسيمات إلى مجموعة الجسيمات النووية الثقيلة، وتنتج طبيعياً بسبب تفكك نواة العنصر المشع إلى نواة مستقرة، ومن ذلك مثلاً:

تفكك نواة البلوتونيوم ٢٣٨ إلى نواة الرصاص ٢٣٤ مع إصدار جسيم ألفا

$$Pu \rightarrow Pb + \alpha$$

جسيمات بيتا

جسيمات بيتا (β) هي إلكترونات سريعة جداً منشؤها من النواة، ولها خصائص مماثلة للإلكترونات العادية، وتحمل وحدة واحدة من الشحنة السالبة. وهناك نوع آخر من إشعاع بيتا اكتشفه العالم أندرسون عام ١٩٣٢م يتكون من جسيمات لها نفس كتلة الإلكترون ولكنها ذات شحنة موجبة، وتعرف بالبوزيترونات. ولذلك يرمز لإشعاع بيتا إما بالرمز β^- (الإلكترونات) أو β^+ (البوزيترونات)، وفي الاستخدام اليومي يعني مصطلح إشعاع بيتا عادة النوع السالب.

وينقسم التفكك الذي ينتج عنه إصدار جسيمات بيتا إلى ثلاثة أنواع:

١. التفكك الإلكتروني (Electron decay)

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + e + \nu$$

٢. التفكك البوزيتروني (Positron decay)

$$_{11}Na \rightarrow _{10}Ne + e + \nu$$

٣. الأسر الإلكتروني (Electron Capture)

$$^{41}Ti + e \rightarrow ^{41}Sc + \nu$$

e: إلكترون، ν: نيوترينو، e: بوزيترون

إشعاع جاما

إشعاعات جاما (γ) عبارة عن فوتونات (موجات كهرومغناطيسية) كالفوتونات الضوئية ذات تردد عالٍ جداً (أي أنها ذات طاقة عالية جداً)، وتنتج من التغيرات في النواة، وهي ليست أجساماً مادية ولا تحمل أي شحنة ولا يمكن التحكم في مسارها أو تعجيلها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطيسية.

ويعد النيكل المثار ($^{60}Ni^*$) من العناصر التي تصدر إشعاعات جاما وذلك كما يلي:

$$^{60}_{27}Co \rightarrow \beta\ (2505\ KeV) + ^{60}_{28}Ni^* \rightarrow ^{60}_{28}Ni + \gamma_2\ (73\ KeV) + \gamma_1\ (337\ KeV)$$

قاد التعرف على الأنواع المذكورة أعلاه من الإشعاعات العلماء إلى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي وتحديد النظائر الطبيعية المشعة، واستخدامها في العديد من التطبيقات الطبية والصناعية. وقد شهدت الفترة من عام ١٩٢٠م إلى ١٩٣٢م تقدماً كبيراً في تلك المجالات إلا أن محدودية عدد النظائر الطبيعية المشعة حدت من هذه التطبيقات، وأصبحت الحاجة ملحة لإنتاج نظائر مشعة صناعياً. وقد أمكن ذلك عندما اخترع العالم **إرنست لورانس (Ernest Lawrence)** في بركلي - كاليفورنيا ١٩٣٤م جهاز السيكلوترون (Cyclotron) وهو عبارة عن ماكينة كهربائية وظيفتها تسريع الديترونات (أيونات الهيدروجين المستقرة) إلى سرعات كبيرة جداً، حيث قام بإطلاق هذه الديترونات السريعة على هدف من الكربون ^{12}C فزاد عدد البروتونات إلى ٧ وتحول الكربون إلى نيتروجين، وقد أثبتت هذه التجربة إمكانية إنتاج النيتروجين المشع وليس فقط تحويل الكربون إلى نيتروجين.

فتحت هذه التجربة آفاقاً كبيرة لإنتاج المزيد من النظائر المشعة بواسطة السيكلوترون، وكذلك الحال بالنسبة للمفاعلات النووية التي ساهمت كثيراً في تقدم إنتاج النظائر المشعة بأعداد وكميات كبيرة يمكن استخدامها في جميع المجالات. وفي المجال الطبي يمكن إنتاج العديد من المواد الصيدلانية المشعة بطريقة صناعية من المفاعلات النووية سواء من خلال تفاعلات الإثراء النيوتروني (إضافة نيوترونات neutron enrichment) أو نزع بروتونات في نوى مستقرة لتوليد نظائر مشعة مثل إنتاج الكوبالت ٦٠ أو من خلال الانشطار النووي لليورانيوم مثل إنتاج السيزيوم ١٣٧ وغيره الكثير، أو باستخدام معجلات الجسيمات المشحونة والتي تعمل على النقص النيوتروني بنزع نيوترون (neutron deficient) من نواة العنصر أو إضافة بروتون.

مراحل التحضير

يتم تحضير المواد الصيدلانية المشعة من العناصر التي تطلق أشعة جاما بصفة أساسية حسب المراحل التالية:

١. استخلاص النظائر المشعة من المادة الأم.

٢. التنقية من أية مواد كيميائية أو نظائر أخرى أو أي من الشوائب.

٣. التحويل الكيميائي إلى صورة بيولوجية نشطة مناسبة للوصول والاختصاص في أعضاء وأنسجة الجسم البشري.

٤. جعل هذه المواد مناسبة للتناول (عن طريق البلع أو الاستنشاق أو الحقن).

٥. الكشف والتحكم في نوعية المواد الدوائية المشعة المنتجة.

الجدير بالذكر أن الصيدلانيات المشعة تخضع للقواعد التي تطبق على الأدوية

إلا أنها تخضع أيضاً إلى عدة قواعد تشمل توزيع الأمن الإشعاعي وفترة العمر النصفي والحقن والتخلص من النفايات.

● المواصفات

تختلف مواصفات النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حسب الغرض المستخدمة فيه كالتالي:

● أولاً - التشخيص، وذلك كما يلي:

١ - أن تكون فترة العمر النصفي (الفترة التي تقل بعدها الشدة الإشعاعية للنظير إلى النصف) قصيرة جداً وتتناسب مع فترة الاستخدام.

٢ - أن لا تكون باعثة لجسيمات ألفا، كما يفضل أن لا تكون باعثة لجسيمات بيتا إن أمكن، وذلك بهدف خفض الجرعة الإشعاعية للمريض التي تنتج عن هذه الإشعاعات دون فائدة من الناحية التشخيصية.

٣ - أن تكون طاقة أشعة جاما كافية لتسجيلها خارج العضو.

٤ - أن تكون في أقصى حالات النشاط وبدون أن تسبب أي أعراض جانبية ولا سمية.

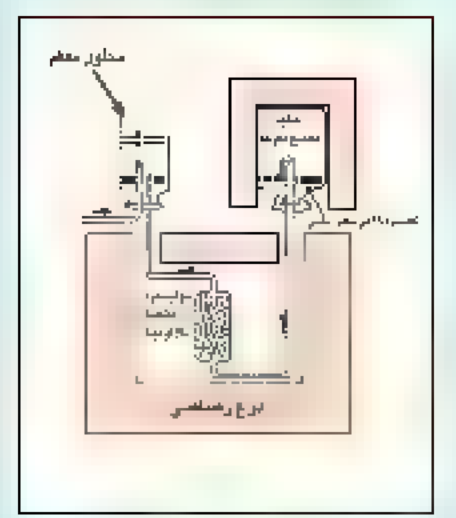
يعد التكنيسيوم ٩٩م (^{99m}Tc) من أهم النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حيث يستخدم في مجال التشخيص بصفة أساسية لما له من خواص مثالية لاستخدامه في هذا المجال، وهي:

١ - يبلغ عمره النصفي ٦ ساعات وهي مدة كافية لفحص العمليات الحيوية للأعضاء المختلفة وتصويرها، مما يقلل من الجرعة الإشعاعية المعطاة للمريض.

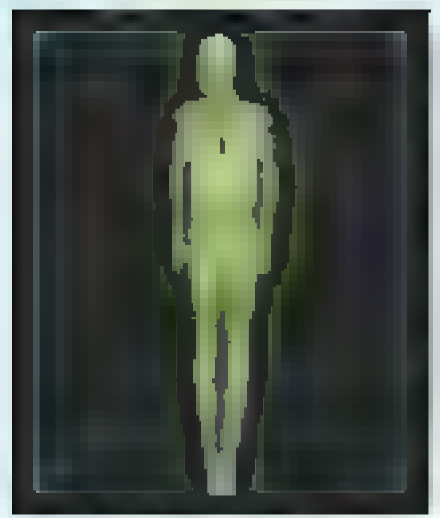
٢ - وجوده في حالة مثارة لا تشع سوى أشعة جاما وإلكترونات قليلة الطاقة، وبالتالي تكون الجرعة المعطاة للمريض قليلة.

٣ - رغم أن طاقة أشعة جاما المطلقة منه قليلة إلا أنه يمكن تسجيلها بواسطة مصورة جاما، وهذا أيضاً يقلل كمية الجرعة الإشعاعية المعطاة للمريض.

٤ - خواص التكنيسيوم الكيميائية مجعلته ملائماً حيث يلتصق بعدد كبير من المواد البيولوجية النشطة التي تحمله إلى الأعضاء المختلفة المراد فحصها بالتحديد فيتم امتصاصها، وهنا في إطلاق أشعة جاما، وهذه هي أساسيات ما يسمى بتقنية تتبع الأثر. ونتيجة لقصر فترة العمر النصفي للتكنيسيوم ٩٩م فإنه يحضر في المستشفيات من النظير الأم الموليبدينوم ٩٩م (^{99}Mo) بواسطة مولد التكنيسيوم ٩٩م وهو عبارة عن أنابيب من الزجاج (شكل ١) محاطة بالرصاص ومحتوية على الموليبدينوم ٩٩ ذو العمر النصفي ٦٦ ساعة، وهو يتحلل مصدراً جسيمات بيتا إلى التكنيسيوم ٩٩ المستخدم في العلاج.



● شكل (١) مولد التكنيسيوم ٩٩



● توزيع المادة المشعة الرولتية أثناء المسح النووي.

بجانب التكنيسيوم ٩٩م هنالك العديد من العناصر المشعة التي تصدر إشعاعات جاما بصفة أساسية التي يمكن استخدامها في العلاج والتشخيص والتي تنتج صناعياً إما بواسطة السيكلوترون جدول (١) أو بواسطة المفاعلات النووية جدول (٢) حيث تتميز العناصر المنتجة بواسطتها بأعمار نصفية قصيرة، ثم توجد مثل هذه الأجهزة في بعض المستشفيات.

الجدير بالذكر أن تطبيقات الطب النووي لا تجرى داخل جسم المريض فقط (In Vivo) ولكن تستخدم في التحاليل الطبية الخارجية، أي بوضع المادة المشعة في أنبوبة اختبار (In Vitro) من هذه التحاليل ما يسمى بالتحليل الإشعاعي

العنصر		العمر النصفي	التطبيقات
جاليوم ٦٧	^{67}Ga	٣.٢٦ يوم	تصوير الأورام وتحديد مكان العدوى
ثاليوم ٢٠١	^{201}Tl	٧٣ ساعة	تصوير وتشخيص عضلات القلب والسرطان الليمفاوي البسيط
يود ١٢٣		١٣.٢ ساعة	تشخيص وظائف الغدة الدرقية
إنديوم	In	٢.٨ يوم	دراسة المخ والالتهابات وعدوى القولون
كربون	C	٢٠ دقيقة	تقنية البوزيترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض العصبية
نيتروجين ١٣	N	١٠ دقائق	تقنية البوزيترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض العصبية
أكسجين ١٥	O	٢ دقيقة	تقنية البوزيترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض العصبية
فلور ١٨	^{18}F	١١٠ دقيقة	الكشف المبكر عن السرطان وأمراض المخ

● جدول (١) المظائر المشعة المنتجة بالسيكلترون وتطبيقاتها الطبية

النظير	العمر النصفي (يوم)	التطبيقات
تكنيسيوم ٩٩ ^{99m}Tc	٠.٢٥	تصوير الهيكل العظمي وعضلات القلب والمخ والغدة الدرقية والرئتين والطحال والكلى والحويصلة الصفراوية والنخاع العظمي والغدد اللعابية وتجويف الفم والقلب وغيرها
الكروم ٥١ ^{51}Cr	٢٧	دراسة كريات الدم الحمراء وتحديد الفقد في بروتين الأمعاء
كوبالت ٦٠ ^{60}Co	١٩٢٥	العلاج الإشعاعي الخارجي
النحاس ٦٤ ^{64}Cu	٠.٥٢٩	دراسة الأمراض الوراثية المتعلقة بأيض النحاس مثل أمراض ويلسون ومرض منكي
الإيتربيوم ١٦٩ ^{169}Yb	٣٢	دراسة السائل المخي والنخاع
يود ١٢٥	٦٠.١٤	تشخيص الجلطات العميقة لأوردة الأرجل، أمراض الكلى، التحاليل الطبية، كثافة العظام
يود ١٣١	٨	التصوير والعلاج لمرض الغدة الدرقية، تشخيص وظائف الكلى، مرور الدم في الكلى ومجاري البولية
إريديوم ١٩٢ ^{192}Ir	٧٣.٨	العلاج الإشعاعي الداخلي
حديد ٥٩ ^{59}Fe	٤٥	دراسة أيض الحديد في الطحال
زينون ١٢٧ ^{127}Xe	٣٦.٤	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتي)
زينون ١٣٣ ^{133}Xe	٥.٢	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتين)
فسفور ٣٢ ^{32}P	١٤.٢٩	علاج مرضى زيادة كريات الدم الحمراء
بوتاسيوم ٤٢ ^{42}K	٥	تبادل البوتاسيوم في السريان التاجي
ساماريوم ١٥٣ ^{153}Sm	١.٩٤	تخفيف الألم لسرطان العظام من الدرجة الثانية
سيلينيوم ٧٥ ^{75}Se	١٢٠	دراسة بروتينات الهضم
صوديوم ٢٤ ^{24}Na	٠.٦٣	دراسة الإلكتروليتات داخل الجسم
إتريوم ٩٠ ^{90}Y	٢.٧	علاج السرطان والتهاب المفاصل الكبيرة

● جدول (٢) النظائر المشعة المنتجة بالمفاعلات النووية وتطبيقاتها الطبية.

المناعي (Radio immuno assay - RIA)، وفيه تخلط المواد المشعة بالسوائل المختلفة للجسم ومنها الدم، وبذلك يمكن قياس مستوى الهرمونات والفيتامينات ومستوى الأدوية في الدم وتحديد الأمراض التي أدت إلى ذلك. وتكون الصيدلانيات المستخدمة في هذه التحاليل على هيئة مجموعة تركيبية (Kits) لها أسماء تجارية محددة لكل تحليل.

● ثانياً: العلاج، وذلك كما يلي:

١- يجب أن لا يكون العمر النصفي طويلاً حتى لا يشع سمياً في حالة بقاء المريض في المستشفى.

٢- يجب أن يصدر النظير المشع جسيمات ألفا وبيتا بطاقة كافية لكي تحترق الأجزاء المصابة المراد علاجها.

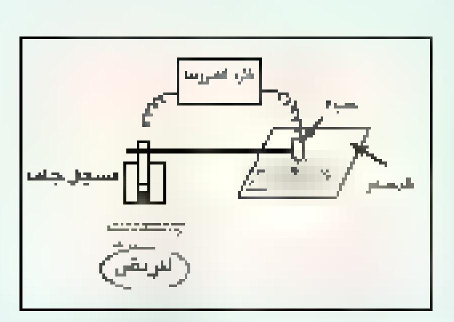
٣- يجب أن تكون طاقات أو إشعاعات جاما ملائمة من حيث الاختراق لإيداع الجرعة في الأنسجة المراد علاجها مع إيداع أقل جرعة في الأنسجة السليمة.

التطبيقات

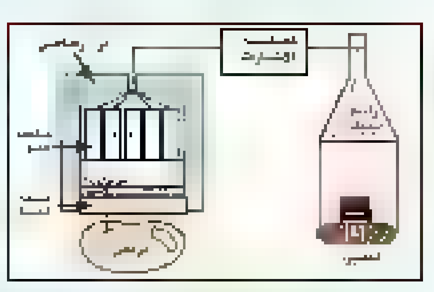
ظهر أول استخدام سريري للنظائر المشعة الصناعية عام ١٩٣٧م لعلاج سرطان الدم في جامعة كاليفورنيا بيركلي، غير أن البداية الحقيقية لاستعمال هذه النظائر بصورة ناجحة تمت في عام ١٩٤٦م عندما عولج سرطان الغدة الدرقية بواسطة اليود ١٣١ المشع الذي قضى عليه تماماً. أما بالنسبة للتصوير باستخدام النظائر المشعة فإن تاريخه يرجع إلى فترة الأربعينيات من القرن العشرين عندما قام رواد الطب النووي باستخدام كاشف إشعاعي حساس (عداد جايجر مولر GM) على سطح الأجزاء المختلفة من الجسم لتتبع توزيع المادة المشعة السابق حقنها به. وفي عام ١٩٥٠م تمكن كاسين Cassen من تطوير أول ماسح خطي ميكانيكي باستخدام كاشف وميضي من يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI (Tl)، كما هو مبين في شكل (٢). وقد تطورت هذه الماسحات تطوراً كبيراً بفضل تصنيع كواشف ومضخمات ذات مسارات أكبر حجماً ودوائر إلكترونية منطقية تعمل على تسجيل توزيع الإشعاع الخارج من الجزء المراد فحصه. لكن هذه الماسحات تعاني من عدة عيوب أهمها عدم إمكانية استخدامها على الأجزاء المتحركة، وبالتالي فالمريض يجب أن يحبس أنفاسه أثناء عملية المسح، الذي أدى إلى اختراع آلة تصوير كاميرا جاما التي ساهمت كثيراً في مجال التشخيص مقارنة بما كان متبعاً قبل اكتشافها.

● آلة تصوير كاميرا جاما

حيث اخترع العالم هال أنجر (Hal Anger) من جامعة كاليفورنيا عام ١٩٥٦م المصورة جاما (Gamma Camera) انقلاباً في الطب النووي، أمكن بواسطة هذه الصور الحصول على صورة توزيع الإشعاع وهي في الوضع الثابت. وتتميز هذه المصورة بوجود بلورة كبيرة من يوديد الصوديوم



● شكل (١) الأجزاء الرئيسية للماسح الخطي.



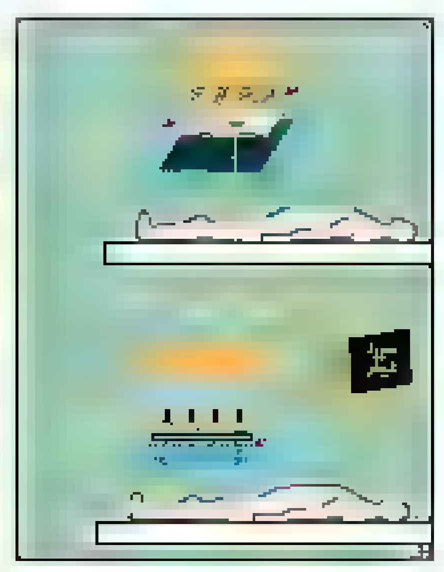
● شكل (٣) الأجزاء الرئيسية لمصورة جاما في بدايتها الأولى

لشعد بالثاليوم (Tl) NaI، وكاشف وميضي بقطر يتراوح مابين ٣سم إلى ٥٠سم وسمكه ١سم، ويبين شكل (٣) الأجزاء الرئيسية بهذه الكاميرا، وهي مجمع كثير الثقوب يواجه بلورة يوديد الصوديوم والتي تحول إشعاع جاما إلى ضوء يكبر بواسطة مضاعف الضوء، والذي يحوله إلى إشارات كهربائية تذهب إلى معالج الإشارات فيحولها إلى صورة تظهر على راسم الذبذبات تلتقط بواسطة الكاميرا الضوئية.

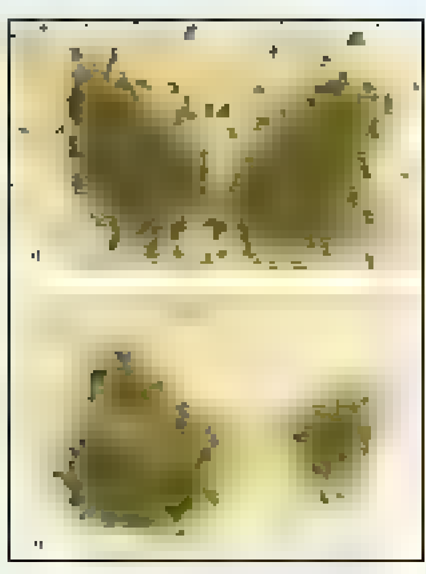
ويمثل شكل (٤) الصورة الحديثة حيث يلاحظ أن التطور هنا حدث في عدد ثقوب المجمع، وبالتالي زيادة عدد مضاعفات الضوء التي تعطي عدداً هائلاً من الإشارات تعالج بواسطة الحاسب الذي يعرضها على الراصد، ويمكن للكاميرا التحرك إلى الأعلى أو إلى الأسفل وإلى اليمين أو اليسار، وبهذه الحركات وباستخدام الحاسب يمكن الحصول على صورة الأشعة مقطعية، هذا بالطبع مع حركة الطاولة التي يرقد عليها المريض.

ثم حدث تطور في مصورة جاما معالجة البيانات باستخدام برامج حاسب آلي معقدة تعطي صورة مجسمة، كما أن نظام مضاعف الضوء قد استبدل من نظام مضاعف الضوء المصنوع من الأنابيب المفرغة (Photo multiplier tubes-PMTS) إلى مضاعف ضوء شبه موصل هو ثنائي السيلكون الضوئي (Silicon Photodiode) وترتبط هذه الثنائيات بالبلورة الوميضية وتعطي صوراً تمتاز بالجودة والدقة والقدرة التحليلية السطحية ويسمى هذا النظام مجس الموضع الرقمي (Digital Position Sensing).

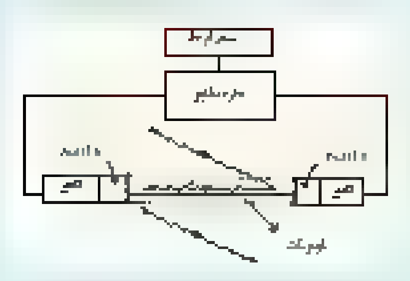
● عمل مصورة جاما: ويتلخص في التصوير المستوي (Planner) المقطعي باستخدام الحاسب (Single Photon Emission Computed Tomography-SPECT) دراسات المخ والقلب والظهر والعظم والكبد ومسح الرئتين وجميع أجزاء الجسم وعضلات القلب ووظائف الكلى والمسالك البولية ووظائف الغدد، ويوضح شكل (٥) مقارنة بين غدة درقية سليمة حيث يخرج الإشعاع من جميع أجزائها، وغدة درقية بها أجزاء لاتشع (باردة) أي لاتعمل وبالتالي يحتمل وجود ورم سرطاني أو بداية تكون الورم.



● شكل (٤) الأجزاء الرئيسية لمصورة جاما الحديثة



● شكل (٥) مسح نووي لغدة درقية سليمة (أ) وأخرى مريضة (ب).



● شكل (٦) مستشعر تقنية البوزترون PET

● التصوير بالانبعاث البوزتروني

توجد في الطب النووي تقنية أخرى تسمى التصوير المقطعي بالانبعاث البوزتروني (Positron Emission Tomography-PET) تستخدم الفلور ١٨، وتعتمد هذه التقنية على أنه عند اضمحلال سرعة البوزترون فإنه يتحد مع إلكترون فيفنيان معاً ويحدث منهما فوتونان طاقة كل منهما ٠,٥١١ م.إ.ف وينطلقان في اتجاهين متعاكسين، ولذلك يجب استخدام مجسين في جانبي مرودنين بدائرة تطابق بحيث لا يتم تسجيل أي فوتونات إلا إذا كانت من نفس المصدر وفي المستوى نفسه، كما هو موضح بشكل (٦). وتعد هذه التقنية هامة جداً في تشخيص أمراض المخ وخاصة التي تتعلق بالأمراض العصبية.

المراجع

1. Cameron J.R, Skofronick J.G., Medical Physics, John Wiley & Sons 1978.
2. Henderson J., Charles W. Intratumor Injection of Immuno globulins Labelled With the alpha Particle emitter At-211: Analyses of tumor retention microdistribution growth delay. Cancer Weekly Plus 1998.
3. Otte A., Mueller-brand J., Dellas S., Nitzsche E.U., Herrmann R., Yttrium-90 Labelled Somatostatin analogue for cancer treatment the Lancet 1998.
4. Skerret P. J. Accelerating Isotope Production, MIT'S Technology Review, March-April 1998.
5. Wolfgang Lutz, Panel to fade, Trends off Radioisotope Science, 1998.



يمثل السرطان ثاني مسبب للوفاة بعد أمراض القلب في الولايات المتحدة الأمريكية، ويوجد للسرطان تأثير متزايد على معدل الوفيات في العالم، حيث يتم تشخيص حوالي ٨ ملايين حالة سرطان في العالم يتوفى منهم حوالي ٥ ملايين. وحسب تقديرات منظمة الصحة العالمية (WHO) فإن عدد مرضى السرطان سيكون حوالي ٢٠ مليون في عام ٢٠٢٠م. لذلك فإنه يمثل مشكلة صحية حقيقية تهم جميع الناس، وذلك لوجود الكثير من المعتقدات التي تكتنف طرق اكتشافه وعلاجه.

يتم في الولايات المتحدة وأوروبا علاج حوالي ٥٠ إلى ٦٠٪ من حالات السرطان بالإشعاع، وذلك في فترة من فترات المرض.

وهناك حوالي ٦٥٪ من المرضى الذين لديهم أورام محددة يتم شفاء حوالي ثلثيهم بواسطة الجراحة أو الأشعة أو الاثنين، أما الذين لديهم احتمال انتشار الورم من هذه المجموعة فيستخدم العلاج الكيميائي كمدعم للشفاء بجانب ذلك. أما الـ ٣٥٪ الباقية من المرضى والذين لديهم أورام لا يمكن استئصالها جراحياً أو لديهم انتشار فإن ... منهم يمكن أن يشفوا بواسطة العلاج الكيميائي والمناعي معاً بالإضافة إلى العلاج بالأشعة أو الجراحة لذلك يعد طريق العلاج بالإشعاع منفرداً أو مجتمعاً مع الطرق الأخرى من أهم الطرق لعلاج هذا المرض.

تاريخ تطور العلاج بالإشعاع

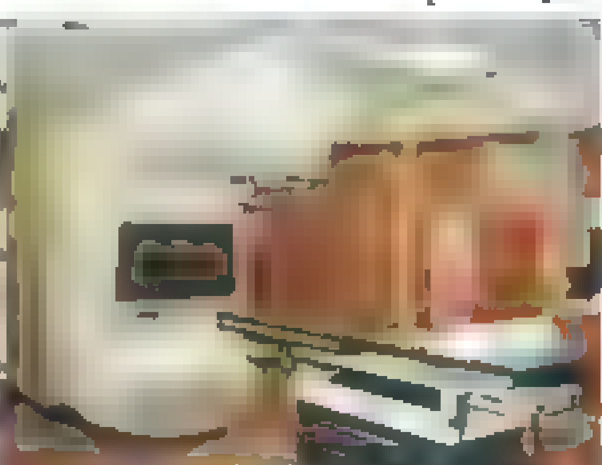
منذ اكتشاف الأشعة السينية عام ١٨٩٥م على يد العالم الألماني رونتجن واكتشاف النشاط الإشعاعي على يد العالم بيكرل عام ١٨٩٦م، ومن ثم اكتشاف مادة الراديوم ٢٢٦ المشع على يد مدام كوري عام ١٨٩٨م بدأ استعمال الأشعة في علاج الأورام السرطانية، وقد تم شفاء أول مريض عن طريق العلاج بالإشعاع عام ١٨٩٩م. لذلك فقد أدت هذه الاكتشافات إلى فتح أبواب جديدة في البحث والتطوير لكشف أسرار الأشعة وإيجاد الطرق المثلى للاستفادة منها. وقد تم تصنيع واستخدام مصادر مشعة لمادة الراديوم ٢٢٦ على شكل إبر أو أنابيب منذ عام ١٩١١م، وفي عام ١٩١٣م تم تصنيع أول أنبوب أشعة سينية بجهد قدره ١٤٠ كيلوفولت، ثم تم تطويره عام ١٩٢٢م للحصول على جهد مقداره ٢٠٠ كيلوفولت تم استخدامه في علاج الأورام العميقة. أما في مجال الأشعة الحيوية فقد تسابق العلماء على إجراء العديد من الدراسات والتجارب لمعرفة تأثير الإشعاعات المؤينة على خلايا الأورام السرطانية وخلايا الأنسجة السليمة من حيث مقدار تحملها لجرعات مختلفة من الأشعة سواء مفردة أو مجزأة على دفعات لفترات زمنية محددة وعلاقة التأثير بمقدار الجرعة والنتائج الآنية أو اللاحقة لهذا التأثير.

وفي عام ١٩٣٢م طور كوتارد نظام تجزئة جرعات الأشعة العلاجية الذي ثبت فعاليته وقد بقي هذا النظام أساس العلاج بالأشعة حتى اليوم. أدى التراكم المعرفي إلى إدراك الأطباء والعلماء أن استخدام الإشعاعات المؤينة بشكل آمن ومفيد يستلزم أمرين هما:

- **تحسين وسائل توليد الطاقة**، حيث استمر بذل العلماء والمهندسين في هذا الطريق. إذ تم عام ١٩٥١م تصنيع أول جهاز أشعة يعمل بعنصر الكوبالت ٦٠ (Cobalt-60) بطاقة حوالي ١.٢٥ مليون إلكترون فولت ويمكنه الدوران بدورة كاملة حول المريض. ومنذ عام ١٩٤٥م بعد اختراع أنابيب توليد الميكروويف تم اختراع وتصميم أجهزة المعجلات الخطية (Linear Accelerators)، حيث تم عام ١٩٥٣م علاج أول مريض بمعجل خطي طاقته ٨ مليون إلكترون فولت، تلا ذلك إدخال الكثير من الإضافات والتحسينات على المعجلات الخطية التي تمثل اليوم الغالبية العظمى من أجهزة

العلاج بالإشعاع. وتم بمضي الأمر على ذلك عقد تم خروج معجلات الدائرية لإنتاج الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

* **ضوابط قياس جرعات الأشعة:** حيث شهد عام ١٩٢٥م انعقاد أول مؤتمر عالمي في لندن لعلوم الأشعة تقرر بموجبه إنشاء هيئة عالمية تقوم بوضع معايير لشدة الأشعة السينية الصادرة من أجهزة الأشعة، وقد سميت هذه الهيئة "الهيئة العالمية لأجهزة الأشعة السينية" والتي أصبحت لاحقاً "اللجنة الدولية لقياسات الأشعة (ICRU)"، وقد قامت هذه اللجنة بعد إنشائها بوضع وحدات ومسميات لكميات الأشعة منها على سبيل المثال وحدة التعرض للأشعة "رونتجن" في عام ١٩٢٨م، ووحدة النشاط الإشعاعي "كيوري" في عام ١٩٥٠م، ووحدة الجرعة الممتصة "راد" في عام ١٩٥٣م. وفي عام ١٩٦٠م تم اعتماد النظام المعياري العالمي للوحدات (SI)، وبناء على ذلك تم تعديل معظم الوحدات فاستخدم "جراي" بدلاً من "راد" و"بكرل" بدلاً من "كيوري" إلخ. وقد دأبت الهيئة العالمية لوحدات وقياسات الأشعة على إصدار تقاريرها فيما يخص وحدات وقياسات الإشعاعات التي شملت كثيراً من الأنظمة والضوابط، وتعد أهم مرجع عملي في هذا الحقل.



● جهاز معجل خطي

الجدير بالذكر أنه يوجد الآن الكثير من الهيئات العلمية التي تهتم بحقل العلاج بالأشعة مثل الوكالة العالمية للطاقة الذرية التي أصدرت في عام ٢٠٠٢م أحدث نظام لقياس الجرعات الإشعاعية بموجب تقريرها رقم (TRS No. 398)، بالإضافة إلى الاكتشافات السالفة الذكر فقد واكب ذلك تطور أجهزة التشخيص المختلفة وأجهزة القياس والعدادات مثل أجهزة حجرة التأين (Ionization chamber) وأجهزة قياس كميات ومعدلات الجرعة (Dosemeters). كما تم استخدام العلاقات الرياضية المختلفة التي تحكم تفاعل الأشعة مع الوسط الحي واستخدام أجهزة الحاسب الآلي في التحكم بهذه الأجهزة وحساب جرعات الأشعة وإيجاد الطرق المثلى للعلاج.

نبذة عن الإشعاعات المؤينة

تنقسم الإشعاعات المؤينة إلى أشعة كهرومغناطيسية مثل الأشعة السينية وأشعة جاما، وأشعة جسيمية مثل الإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات وغيرها. ومن حيث الشحنة فإن بعض الأشعة المؤينة تحمل شحنات موجبة أو سالبة مثل الإلكترونات والبروتونات، والبعض الآخر لا يحمل شحنات مثل الأشعة الكهرومغناطيسية وأشعة النيوترونات. وعندما تسقط هذه الإشعاعات على المادة فإنها تودع طاقتها عن طريق تصادمها بذرات الوسط لينتج عن ذلك تأين ذرات المادة بتكوين أزواج من الأيونات الموجبة والسالبة.

يتكون الكائن الحي من أنسجة مختلفة، وتتكون هذه الأنسجة من خلايا ذات تركيب بيولوجية عالية في التعقيد، وعندما يحدث تأين في الوسط الحيوي فإن ذلك يؤدي إلى سلسلة متعاقبة من الأحداث الفيزيائية والكيميائية التي تنتهي بوقوع إصابات بيولوجية في مكونات الخلية. وتكون نتائج إصابة الخلية إما قصيرة المدى مثل وقف قدرتها على الانقسام، أو إضعاف قدرتها على تأدية وظيفتها الحيوية أو موتها. أما الإصابة طويلة المدى فينجم عنها تغيير في التركيب الوراثي في الخلية (الجينات)، مما يؤدي إلى تغيرات وراثية لاحقة. وللخلية الحية سواء سرطانية أو سليمة القدرة على ترميم نفسها وإصلاح بعض الإصابات غير المميتة. وهذه الخاصية دفعت العلماء إلى استعمال نظام تجزئة جرعات العلاج بالإشعاع لإتاحة الفرصة للأنسجة السليمة لتقوم بعملية الإصلاح.

أسس وأهداف العلاج بالإشعاع

يمكن تعريف العلاج بالإشعاع على أنه تخصص طبي يعنى بعملية استخدام الإشعاعات المؤينة في علاج مرضى الأورام السرطانية (وأحياناً الحميدة). ويهدف العلاج بالإشعاع إلى إعطاء المريض جرعة من الأشعة مقاسة بدقة إلى حجم محدد من الورم مع السماح بأقل قدر ممكن من الأشعة على الأنسجة السليمة المحيطة بالورم أو التي تمر من خلالها، وتكون هذه الجرعة كافية لتدمير الورم وتؤدي إلى تحسن في صحة المريض وإلى زيادة متوقعة في طول عمره.

يكون الهدف من العلاج إما شفائي وإما تلطيفي، ويكون الهدف الشفائي شفاء المريض من الورم بإذن الله ليعيش لفترة طويلة بعد العلاج. أما العلاج

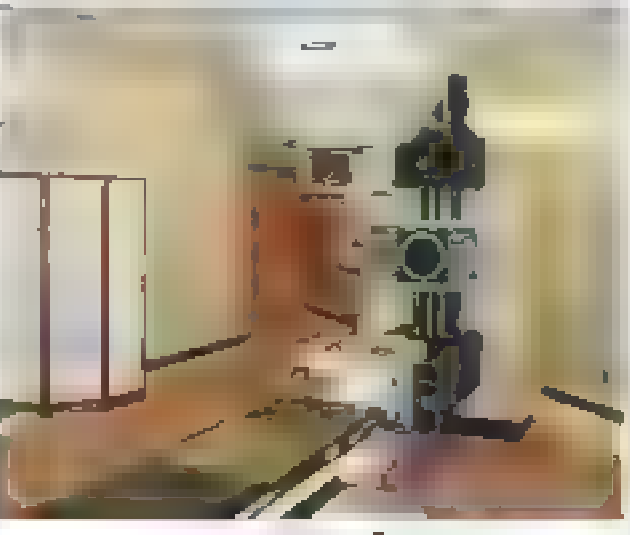
التحفيفي فيقرره الطبيب في حالة كون المرض خارج عن السيطرة العلاجية ويكون احتمال الشفاء منه شبه معدوم وفي هذه الحالة يكون الهدف هو فقط تخفيف الآلام المصاحبة للورم.

تجزأ الجرعة الكلية للإشعاع إلى أجزاء عديدة، وتعطى على شكل جلسات يومية ويوجد حد أعلى مسموح فيه لجرعة الأشعة العلاجية (سواء الجرعة اليومية أو الكلية)، فإذا زادت عن هذا الحد قد تحدث إصابات جسيمة في الأنسجة السليمة. كما أنها إذا قلت عن الكمية المطلوبة للقضاء على الورم فإن الورم سيعاود انتشاره. وهناك الكثير من العوامل التي تتحكم في وصفة العلاج منها مدى حساسية الورم للعلاج بالإشعاع، ومعدل نموه وحجمه، وموقعه بالجسم، وحالة المريض. لذلك يجب على الطبيب وضع الخطة العلاجية المثلى لكل حالة، وفيما يخص تنفيذها يجب أن لا تتجاوز نسبة الزيادة أو النقصان في جرعة الإشعاعات المعطاة (±٥٪) من جرعة الإشعاعات المقررة.

عملية العلاج بالإشعاع

تعد عملية العلاج بالإشعاع من الإجراءات المعقدة لكونها تشتمل على العديد من العناصر المتخصصة والعمليات المشتركة أو المتداخلة والأجهزة الدقيقة. ومن العناصر التي تشارك في عملية العلاج بالإشعاع الأطباء والفيزيائيون وفنيو العلاج الإشعاعي (مشغلو الأجهزة)، ومهندسو الأجهزة العلاجية، ومخططو ومقننو الجرعات بالكمبيوتر، وممرضات، وأخصائيو الخدمة الاجتماعية ومساعدو المرضى. ويجب أن يكون هناك قدر كبير من التنسيق بين أعضاء هذا الفريق بحيث يكون هناك انسيابية والتزام بالقيام بالدور المحدد لكل منهم.

ويبدأ مسار العملية العلاجية في الغالب بتشخيص الورم عند المريض بواسطة أجهزة التشخيص الطبية المتعددة (الأشعة المقطعية، وأشعة الرنين المغناطيسي، والأشعة فوق الصوتية، والأشعة النووية وأشعة البوزترون، والفحوص المختبرية وغيرها)، ليتم بعدها إرسال المريض إلى عيادة مشتركة مكونة من مجموعة من أطباء الأشعة العلاجية، أطباء جراحة الأورام وأطباء العلاج الكيميائي وتخصصات أخرى إذا لزم الأمر. وتقوم هذه المجموعة بمراجعة كافة بيانات المريض وتقييم حالته واتخاذ القرار الأمثل للعلاج، حيث قد يكون العلاج الجراحي أو الكيميائي أو بالأشعة أو بها جميعا أو باثنين منهما فقط. وبناء على ذلك يتم توجيه المريض لبدء العلاج، فإذا كان في الأشعة العلاجية يتولى أخصائيو العلاج الإشعاعي من فيزيائيين ومبرمجي كمبيوتر وضع الخطة العامة للعلاج والإشراف العام على تنفيذها.


● جهاز المحاكاة

تبدأ أولى مراحل الخطة العلاجية بقسم جهاز المحاكاة Simulator حيث يتم أخذ صور أشعة لمنطقة الورم وتحديد مساقط حقول الأشعة العلاجية، وتحديد الأنسجة والأعضاء الحساسة التي يجب تلافي تعرضها للأشعة. وأيضا تحديد ما إذا كان المريض يحتاج إلى أقنعة تثبيت أو دروع حماية لبعض المناطق. وقد تستخدم في هذه المرحلة أجهزة التصوير المقطعي أو جهاز المحاكاة الافتراضي (Virtual Simulator) إن وجدت، حيث تؤخذ صور مقطعية لمنطقة الورم ومن ثم عن طريق الكمبيوتر يتم تحديد مساقط الأشعة وأخذ صور تشخيصية لها. بعد ذلك يتم وضع علامات محددة على جسم المريض، وغالبا ما يرسل المريض في نهاية هذه المرحلة إلى غرفة الدروع وكتل الحماية، حيث يتم عمل هذه الدروع هناك.

وفي المرحلة الثانية يتم إرسال جميع هذه البيانات إلى الحاسب الآلي لتخطيط العلاج بالأشعة ثلاثية الأبعاد، حيث يقوم طبيب العلاج بالأشعة، في البداية، بتحديد حجم الورم المزمع علاجه، ثم يقوم أخصائيو التخطيط بالكمبيوتر وتقنيي الجرعات بقسم الفيزياء الطبية بعمل خطة علاج مثلى ثلاثية الأبعاد معتمدين في ذلك على البيانات المأخوذة من أجهزة المحاكاة والأشعة المقطعية والبيانات التي تم تغذية جهاز الكمبيوتر بها مسبقا، مثل أنواع أجهزة العلاج بالأشعة وطاقتها والخصائص الفيزيائية لكل منها. وعند إنهاء هذه الخطة يتم شرحها للطبيب المعالج وعند موافقته -قد يطلب بعض التعديلات- تتم مراجعتها من قبل أحد أخصائيي الفيزياء الطبية.

وفي المرحلة الثالثة من عملية التخطيط يتم إرسال الخطة الكاملة إلى جهاز المحاكاة

للتأكد عملياً من إمكانية تطبيقها على المريض، وعند نجاحها يتم إرسالها إلى جهاز المعالجة بالأشعة.

يتم في مرحلة الرسمة تنفيذ الخطة العلاجية على المريض باستخدام جهاز المعالجة بالإشعاع ويقوم بذلك فريق من الفنيين والمهندسين. الجدير بالذكر أن التطوير الحديث في الخطة العلاجية بالإشعاع يتم عن طريق إرسالها عن طريق الحاسب الآلي بواسطة شبكة داخلية ترتبط بجميع أجهزة قسم العلاج بالإشعاع، وتعمل ببرامج تقوم بتحري بيانات المريض والخطة العلاجية والجلسات اليومية ولا تسمح للفنيين بتجاوز أي من عناصرها.



طرق العلاج بالإشعاع

تتوفر الآن ثلاث طرق رئيسية للعلاج الإشعاعي، هي كما يلي:

● العلاج الإشعاعي الخارجي عن بعد

توجد الكثير من أجهزة العلاج الإشعاعي الخارجي عن بعد (External Teletherapy) مثل أجهزة الأشعة السينية بجهد يتراوح من ٥٠ إلى ٣٠٠ كيلو فولت، وأجهزة الكوبلت، وأجهزة المسرع (المعجل) الخطي، وأجهزة العلاج بالبروتونات، وأجهزة العلاج بالنيوترونات.

تشكل المسرعات الخطية حوالي ٩٠٪ من الأجهزة المستخدمة في العلاج الإشعاعي في الوقت الحاضر. وقد تم اكتشاف المسرعات الخطية بعد اكتشاف أنابيب توليد موجات الكهرومغناطيسية المعروفة باسم الماجنترون أو الكليسترون (Magnetron or Klystron) التي تعمل بتردد يقارب ٣٠٠٠ ميجاهرتز. وقد تمكن العلماء من استخدام الأجهزة المذكورة في تسريع



● جهاز المعجل الخطي

الإلكترونات داخل أنبوبة التسريع إلى سرعات عالية للغاية تقارب سرعة الضوء، وعندما تصل حزمة الإلكترونات إلى سرعة معينة حسب طول أنبوب التسريع يتم التحكم في مسارها بواسطة مغناطيسات تعمل على انحرافها بزاوية ٩٠ أو ٢٧٠ درجة لتصطدم بالهدف (Target)، وهنا يمكن اختيار إحدى عمليتين:

الحصول على الأشعة السينية بوضع هدف من مادة التنجستن بسمك حوالي ١ سم لتصطدم به حزمة الإلكترونات السريعة فتتولد عن ذلك الاصطدام أشعة سينية تستخدم في العلاج.

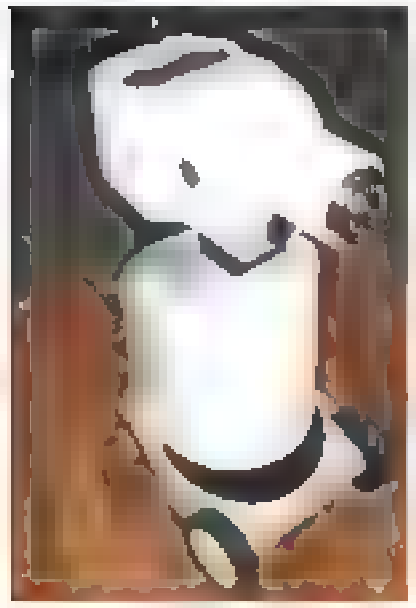
الحصول على حزمة أشعة الإلكترونات بإزاحة الهدف المصنوع من التنجستن واستبداله بشريحة معدنية رقيقة تقوم ببعثرة الإلكترونات الساقطة عليها وزيادة سعة الحزمة لأغراض العلاج.

تستخدم الغالبية العظمى من المسرعات الخطية لعلاج أورام مساحة مقطعها ما بين ٥×٥ سم٢ إلى ٤٠×٤٠ سم٢. أما في حالة الأورام صغيرة الحجم أو كبيرة المساحة فيمكن استخدام طرق خاصة لعلاجها، فمثلاً يتم علاج الأورام الصغيرة في الرأس بما يسمى «الأشعة الجراحية» (Radiosurgery). وتتلخص هذه الطريقة بأخذ صور مقطعية لرأس المريض بواسطة جهاز الرنين المغناطيسي، ومن ثم يثبت على رأسه قالب من مادة كرتونية وتؤخذ له صور مقطعية بواسطة جهاز الأشعة المقطعية. بعد ذلك تتم مطابقة الصور المقطعية وتحديد مكان الورم المراد علاجه ووضع الخطة العلاجية المناسبة بواسطة جهاز تخطيط الجرعات الخاص بهذه التقنية. أما في حالة سرطانات الدم أو الجلد فيتم الإشعاع كامل الجسم (TBI, TSET) حيث تستخدم الأشعة السينية في حالة سرطانات الدم وحزمة الإلكترونات في حالة سرطان الجلد.

مما يجدر ذكره أن تقنية المسرعات الخطية قد تطورت كثيراً وأصبحت اليوم أكثر دقة وديناميكية وأضيفت لها العديد من المكملات، ويتم التحكم فيها بالحاسب الآلي.

● العلاج الإشعاعي عن قرب

العلاج الإشعاعي عن قرب (Brachy therapy) عبارة عن علاج الأورام السرطانية عن طريق وضع مصدر مشع مغلق في وسط الورم أو على سطحه مباشرة، ويتم العلاج بهذه الطريقة عن طريق أنابيب يتم إدخالها من خلال الفتحات الطبيعية بالجسم، أو عن طريق إبر أو كبسولات أو أسلاك من المصادر



● جهاز العلاج الإشعاعي عن قرب

مشعة، مثل السيزيوم ١٣٧ والإريديوم ١٩٢ واليود ١٢٥، يتم غرزها وسط الورم، أو توضع المصادر المشعة في قالب يوضع على سطح الجسم عندما يكون الورم سطحياً. وتستخدم اليوم أجهزة التعبئة اللاحقة (Afterloading devices) التي يتم استعمالها على مرحلتين:

• **المرحلة الأولى**: يتم إدخال الحاويات أو الأنابيب وهي فارغة إلى المنطقة المزمع علاجها حسب توزيع معين، ويتم التأكد من ذلك بأخذ صور أشعة تشخيصية.

• **المرحلة الثانية**: وثانياً بعد التأكد من وجود الأنابيب في أماكنها الصحيحة وحسب التوزيع المطلوب يتم إرسال المصادر المشعة لتبقى فترة زمنية محددة حسب الخطة العلاجية لتعطي الجرعة المطلوبة، بعدها تسحب المصادر المشعة آلياً إلى مستودع خاص.

• **العلاج بالمصادر المشعة غير المغلقة**: تتميز بعض خلايا الجسم بخاصية امتصاص وتركيز بعض العناصر لاستخدامها في بناء مركبات معينة كجزء من وظيفتها الطبيعية. فمثلاً تقوم الغدة الدرقية بامتصاص وتركيز اليود من الدم كما تقوم كريات الدم الحمراء بامتصاص مادة الفسفور. وقد استفاد الأطباء من هذه الخواص باستبدال هذه العناصر بنظائر مشعة فيما يعرف بالعلاج بالنظائر المشعة غير المغلقة (Unsealed Radioisotopes)؛ لذلك يستخدم اليود ١٣١ الصناعي المشع في علاج بعض أمراض الغدة الدرقية مثل الأورام وزيادة النشاط. كما يستعمل الفسفور ٣٢ المشع في علاج مرض كثرة خلايا الدم الحمراء.

دور أخصائي العلاج بالأشعة

تقوم أخصائيو الفيزياء الطبية بمهام كثيرة من أهمها:

عمل الخطط العلاجية بالأشعة لمرضى الأورام يدوياً أو بواسطة الحاسب الآلي. وتكون الخطة العلاجية حسب نوع الورم وحجمه وموقعه، حيث يقوم المخطط باختيار نوع الأشعة وطاقتها، وعدد الحقول ومساحة كل منها، وزاوية سقوط الحزمة على الورم. بالإضافة إلى ذلك يقوم المخطط عند الحاجة باستعمال المرشحات الوتدية (Wedges) ومعوضات الأنسجة (Tissue compensators) وقوالب التدريع (Shielding Blocks).

معايرة أجهزة العلاج بالأشعة بضبط معدل ناتج الأشعة (Output=cGy/MU)، ويتم ذلك حسب أنظمة دقيقة لقياس الجرعات باستخدام أجهزة قياس تتكون من غرفة تأين ومقياس جرعات تخضع للمعايرة من مختبر أولي للمعايرة والتفسير.

عمل قياسات وفحوص الجودة النوعية بشكل دوري.

عمل فحوص الاستلام والتأهيل لجميع أنواع أجهزة العلاج بالإشعاع.

المراجع

١- **حسن كامل عوافي، محمود محمد المصري**. أساسيات تخطيط العلاج الإشعاعي. المعهد القومي للأورام - جامعة القاهرة ١٩٩٦م. مطبعة أخبار اليوم.

٢- **د. مرسي عرب**. الذرة والنظائر المشعة في الطب والعلاج ١٩٦٦م. شركة الإسكندرية للطباعة والنشر.

٣- **محمد فاروق أحمد، محمد أحمد محمد السريع**. الإشعاعات المؤينة: خصائصها وتأثيرها واستخداماتها. الندوة العلمية لاستخدامات وتكنولوجيا الإشعاعات المؤينة ١٩٨٢م. مطابع جامعة الملك سعود.

4- **Carlos A. Perez, Luther W. Brady.** Principles and Practice of Radiation Oncology. 2nd edition. 1992. J. B. Lippincott Company.

5- Reports by International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Publications. 7910 Woodmont Avenue, Suite 1016, Bethesda, Maryland 20814.

6- Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of x- or gamma rays in radiotherapy procedures. International. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #24. Bethesda, MD. 1976.

7- Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #35. Bethesda, MD. 1984.

8- Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) #50. Bethesda, MD. 1993.

9- **Faiz M. Khan.** The Physics of Radiation Therapy. 2nd edition. 1994. Baltimore, Maryland. Williams & Williams.

10- **Eric J. Hall.** Radiobiology for the Radiologists. 2nd edition. 1978. Hagerstown, Maryland. Harper & Row.

11- International Atomic Energy Agency (IAEA) TRS-398. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy. An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. IAEA. 2000.

12- **H. E. Johns, J. R. Cunningham.** The Physics of Radiology. 4th edition. 1983. Thomas Books.

13- **L. J. Karzmark, Craig S. Nunan, Eiji Tanabe.** Medical Electron Accelerators. 1993. McGraw-Hill, Inc.

الفيزياء الحيوية لليزر

د. عطية بن علي الغامدي



[illegible] العالم الفيزيائي ألبرت إينشتاين (Albert Einstein) [illegible] إطلاق ما امتصته من طاقة على شكل جسيمات ضوئية. وعلى أثر ذلك وخلال الأعوام من ١٩٥٠م إلى ١٩٥٨م، اقترح كل من تشارلس تاونس (C. Townes) وآرثر شالو (A. Schawlow) من الولايات المتحدة الأمريكية تكبير إشعاعات هذه الجسيمات الضوئية بطريقة الانبعاث الحثي، وقد صمما جهازاً لهذا الغرض، استخدما فيه مادة غاز النشادر للحصول على أول شعاع في مدى الموجات الدقيقة من الطيف الكهرومغناطيسي.

عرف هذا الجهاز آنذاك باسم الميزر (Maser)، وهي لفظة مشتقة من الحروف الأولى لعبارة:

(Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

وتعني تضخيم الموجات الدقيقة بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة. ومن ناحية أخرى نجح ثيودور ميمان (T. Maiman) عام ١٩٦٠م في استعمال مادة الياقوت الصناعي لإنتاج حزمة من شعاع الطيف المرئي يقع شعاعه قريب من نوعه قرمزي اللون، وقد عرف الجهاز المنتج لهذا الشعاع بياقوت الليزر (Ruby Laser) حيث تم اشتقاق لفظة (LASER) من الحروف الأولى للعبارة:

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

وتعني التكبير الضوئي بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة.

ومنذ ذلك الوقت احتل هذا الاكتشاف مكانة علمية فائقة أدت إلى استخدامه في كثير من التطبيقات منها مجال فيزياء الليزر الحيوية، حيث شهدت بداية الثمانينيات تغيرات في طبيعة بحوث الليزر الحيوية الطبية، وازداد الاهتمام بكيفية التعامل مع ميكانيكية تفاعل الليزر مع الأنسجة، مما جعله يلعب دوراً هاماً في التطبيقات الحيوية والطبية. لقد أسهمت الأجهزة البصرية الحديثة وأساليبها بشكل كبير في البحوث والاكتشافات الأساسية في علوم الحياة والطب وتطبيقاتها، حيث تعتبر [illegible] إمكانات الأجهزة التقليدية والأساليب المجهرية المعروفة. وقد أضحت القدرة على اكتشاف المعالجات الحيوية تعتمد على التقدم الذي يحدث في تقنية الليزر والكواشف الإلكترونية الحساسة والمحسنات في المعدات البصرية ومعالجة الصور والبرامج الخاصة بها.

ولقد أصبح الليزر الآن أداة تقنية يستخدم في العديد من التطبيقات الطبية إضافة إلى تشخيص وعلاج مواقع عديدة داخل الجسم مثل القولون والقلب وتفتيت حصوات الكلى ... إلخ.

وقد انتشرت استخدامات الليزر في الفيزياء الحيوية والطب بشكل كبير ولا زال في نمو متزايد. ويشهد على ذلك تضاعف مبيعات أنظمة الليزر الطبية منذ عام ١٩٩٢م حتى عام ١٩٩٨م جدول ( ).

يستعرض هذا المقال تفاعل الليزر مع الخلايا الحيوية وبعض تطبيقاته الطبية.

خصائص شعاع الليزر

يختلف ضوء الليزر عن مصادر الضوء الأخرى بخواص فريدة من أهمها

انبعاثه في شكل حزمة ضيقة متماسكة بها زاوية تفرق (تشتت) محدودة للغاية (تقترب من الصفر لمعظم أنواعه)، وذلك بعكس الضوء العادي الذي ينبعث في جميع الاتجاهات.

٢ - به طاقة عالية ذات تردد عال، وثابتة بالنسبة لوحدة المساحة التي يسقط عليها ولمسافة بعيدة، وذلك عكس طاقة الضوء العادي التي تقل مع المسافة.

الليزر والأنسجة الحية

يعد شعاع الليزر حزمة كهرومغناطيسية ينتشر في اتجاه واحد حاملاً طاقة ضوئية تختلف كميتها باختلاف مصدره ومن تعرض الأنسجة الحية له. حيث تعتمد نتائج تأثير شعاع الليزر على تركيب منطقة الحيوية المسلط عليها شعاع الليزر، وطول موجي. كما يُعطي كل نوع من أنواع الليزرات تأثيرات بيولوجية مختلفة، وبالتالي فإن لكل نوع من أجهزة الليزر تطبيقات حيوية مختلفة. وعليه يتطلب استخدام الليزر في علاج الأنسجة الحيوية معرفة بالخصائص الفيزيائية للخلايا الحيوية تحت العلاج ونوع الليزر الملائم لهذا التطبيق.

● **الخصائص الفيزيائية للخلايا الحيوية**

تشمل هذه الخصائص المطلوبة معرفة معاملات امتصاص وتشتت الخلايا الحيوية للضوء عند طول موجي محدد وتحديد مقدار نفاذ شعاع الليزر على الخلايا وزمن التعريض، إضافة إلى معرفة حجم المنطقة الخلوية المعرضة لشعاع الليزر، ونوع الخلايا وكيفية توزيع الصبغات (Pigments). كما يجب معرفة بعض الخصائص الفيزيائية مثل الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity) وانتشار شعاع الليزر في الخلايا والتحويل بالمركبات التبريدية مثل جريان الدم.

● **خصائص الليزر المستخدم**

من الضروري معرفة نوع شعاع الليزر المستخدم هل هو مستمر (cw) أو على شكل نبضات (Pulsed) وكمية الطاقة الصادرة وشدتها وطوله الموجي إضافة إلى مقاس بقعة الليزر.

شكل (١) أنواع تفاعل شعاع الليزر مع الخلايا

● **أنواع التفاعلات**

يمكن وصف طبيعة تفاعل جميع أنواع الليزرات مع الأنسجة الحيوية بالتالي:

● **الانعكاس**: ويعدم تأثيره إذ ينعكس بالكامل من سطح الخلية بحيث لا يوجد امتصاص للطاقة. شكل (١ - أ).

● **العبور**: ويعدم كذلك تأثيره حيث إن جميع شعاع الليزر يخترق أو يعبر من خلال الأنسجة الحيوية من غير حدوث امتصاص أو تشتت. شكل (١ - ب).

● **التشتت**: وله تأثير ضعيف يلحق الخلايا الحيوية بسبب تعرض حجم كبير منها لهذا الشعاع. شكل (١ - ج).

● **الامتصاص**: وينجم عنه أثر كبير بسبب الحجم الصغير من الخلايا الحيوية المعرضة مباشرة لشعاع الليزر المسلط، ويتم التأثير على هذه الخلايا فقط. شكل (١ - د).

● **التفاعل الكلي**: وفيه ينعكس ٤٪ من

الليزر	الطول الموجي (نانومتر)	الممتص	التطبيقات
إكزايمر	١٩٣	بروتين النسيج	تصحيح النظر
أرجون	٤٨٨، ٥١٤	هيموجلوبين	التخثير بالشبكية العنكبوتية
ياك (٥٣٢ نانومتر)	٥٣٢	هيموجلوبين، صبغات الوشم	قطع الأنسجة.
الصبغات	٥٧٧	هيموجلوبين	إزالة أمراض الأوعية
الدايود	[illegible]	الصبغات الضوئية	العلاج بالديناميكية الضوئية
الياقوت	٦٩٤	الصبغات السوداء	إزالة الوشم.
ياك (١٠٦٤ نانومتر)	١٠٦٤	ماء	القطع والتخثير وإزالة الوشم وتطبيقات جراحية عديدة
ياك الإربيوم	٢٩٤٠	ماء	تحسين الجلد بإعادة تشكيل سطح الأنسجة
ثاني أكسيد الكربون	١٠٦٠٠	ماء	قطع الأنسجة والجراحة والتخثير وإعادة تشكيل سطح الأنسجة

● جدول (١) الليزرات الطبية المتداولة بكثرة وبعض تطبيقاتها

شعاع الليزر عند سطح الخلية بينما يخترق الباقي لينعكس جزءٌ منه داخل الخلية ويمتص جزءٌ آخر كما هو موضح في شكل (١ - هـ).

مما سبق ذكره يتضح أن الامتصاص والتشتت أهم التأثيرات، وقد يكون تأثير الامتصاص أكبر، وقد يكون تأثير التشتت أكبر أو قد يكونان متساويان. فضلاً عن ذلك فإن أغلب الخلايا الحيوية لها خصائص ضوئية مثل معاملات الانكسار والتشتت والامتصاص، وهذه تعطي تشتت أمامي قوي. كما توضح بيانات التشتت والامتصاص بطبقات الجلد في حالات كثيرة أنه أكثر أهمية من الامتصاص.

● الماصات الضوئية

تختلف الماصات الضوئية "Optical Absorbers" في الخلايا الحيوية باختلاف الأطوال الموجية، حيث يحدث أغلب امتصاص لأشعة الليزر في البروتين والحامض النووي منقوص الأكسجين DNA عند نطاق الموجات فوق البنفسجية من ٢٠٠ إلى ٣٢٥ نانومتر، بينما يكون أغلب امتصاص لأشعة الليزر بمنطقة قريبة من الأوكسي هيموجلوبين والميلانين. أما عند استخدام ليزر له طول موجي أكبر من ٣٠٠٠ نانومتر فإن الماء المكون لأغلب الخلايا الحية يعد الماص الرئيسي.

ومن أمثلة ذلك يشكل نطاق الأطوال الموجية من ٦٠٠ إلى ١٣٠٠ نانومتر نافذة لامتصاص منخفض، ويكون تقنية مهمة لما يسمى بالعلاج بديناميكية الضوء (Photodynamic Therapies) حيث يتم القصد الانتقائي على الخلايا السرطانية عند معالجتها مع العقاقير الحساسة للضوء (Photosensitizer) مثل مشتقة الهيماتوبورفيرين Hematophorphrin Derivative - HPD.

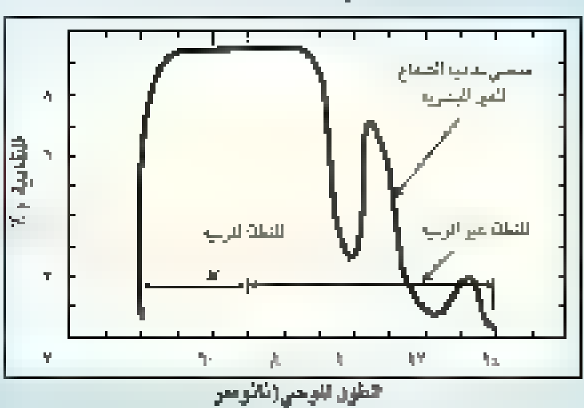
كذلك عند تسليط ضوء ليزر في الأطوال الموجية من ٤٠٠ إلى ١٤٠٠ نانومتر على العين فإنه يجعل القرنية وعدسة العين تمتص الأشعة فوق البنفسجية، حيث يتم امتصاص الضوء المرئي وجزء من الأشعة تحت الحمراء في الشبكية، أما الأشعة التي لها طول موجي أطول من ١٤٠٠ نانومتر فتمتص بواسطة الماء الموجود بخلايا العين. ويبين (٢) منحنى الأشعة للعين البشرية للموجات ضمن منطقة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء.

تأثيرات أشعة الليزر

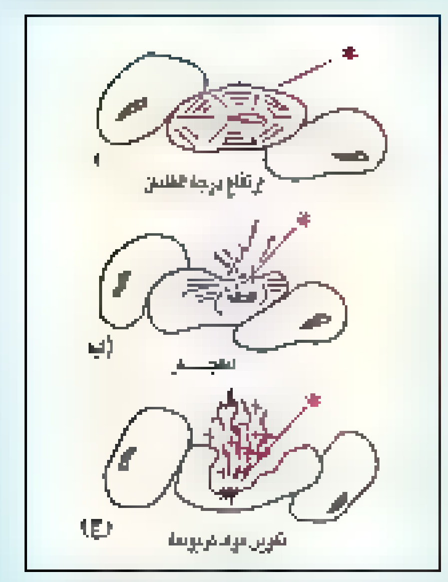
أشعة الليزر عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، وهي فوتونات تحمل طاقة، وبالتالي يمكن حساب مقدار امتصاص الخلايا والكترونات الجزيئات الحيوية لطاقة هذه الفوتونات. وتنحصر التأثيرات الرئيسة لأشعة الليزر فيما يلي:

● التأثير الحراري

ينجم عن التأثير الحراري الصادر عن أشعة الليزر على الخلايا الحيوية تلف أنسجتها نتيجة لارتفاع درجة حرارتها بحوالي عشر أو عشرين درجة مئوية



● شكل (٢) منحنى نفاذية الأشعة للعين البشرية للموجات ضمن المنطقة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء



● شكل (٣) تأثير الليزر على الخلية

وتعتمد نسبة زيادة الحرارة على موقع الخلايا الحيوية بالإضافة إلى درجة الامتصاص لهذه الخلايا عند طول موجي معين، مما يؤدي إلى ما يسمى بالتخثر الضوئي "Photocoagulation" للخلية، حيث يستخدم تأثير التخثر بأشعة الليزر في جراحة تلحيم شبكية العين.

وهناك آلية التبخير الضوئي (Photovaporization)، وهي عبارة عن انتقال سريع للحرارة من حزمة الليزر إلى الخلية، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة ماء الخلية إلى ١٠٠ °م فينتج عن ذلك تبخره، وبالتالي ارتفاع الضغط داخل الخلية فتنفجر وتتحطم بالكامل وتنتشر شظاياها (Debris) على هيئة بخار كما في شكل (٣).

● التأثير الضوء - كيميائي

يحدث التفاعل الكيميائي بين أشعة الليزر والأنسجة الحية عند استخدام شعاع ليزر له طاقة عالية مثل أشعة الليزر فوق البنفسجية، والتي تتميز بأنها ذات كفاءة عالية لإنتاج تفاعلات ضوء - كيميائية أكثر من تأثير أشعة الليزر في المنطقة المرئية وتحت الحمراء.

ويحدث أن التأثير الضوء كيميائي على الأنسجة بواسطة أشعة الليزر يتم استخدامها مع بعض العقاقير الحساسة للضوء (Photosensitizers) لتشخيص وعلاج أنواع معينة من السرطانات فإن استخدام هذه العقاقير ينتج عنه تأثيرات على الأنسجة الحية القادرة على نقل الضوء إلى جزيئات نسيجية غير قادرة على امتصاص الضوء. ونظراً لأن مشتقات الهيماتوبورفرين (HPD) قادرة على الاستقرار في مبلازم الأنسجة، وبالتالي فإن الأنسجة التي تحتوي عليهما سوف يحدث لها تفلور (Fluorescence) بصورة ومضة عندما تتعرض لأشعة ليزر في منطقة مرئية أو فوق البنفسجية.

ولعلاج السرطان، يتم حقن المنطقة المصابة بأحد مشتقات الهيماتوبورفرين واستخدام ليزر بطول موجي ٦٣٠ نانو متر مع وجود جزيئات الأكسجين (O_2) ويؤدي ذلك إلى تولد أكسجين أحادي ($^1O_2$) وإثارة مادة الهيماتوبورفرين وهذا يؤدي بالتالي إلى ظهور خلية سامة (مؤكسدة) حسب العلاقة التفاعلية التالية:

$$O_2 \rightarrow {}^1O_2$$

خلية مؤكسدة ← خلية سرطانية + $^1O_2$

وهناك أنواع أخرى من المواد الحساسة للضوء (Photosensitizers) مثل الصبغات الممتصة (Absorbing Dyes) حيث يمكن اختيار نوع مناسب من هذه الصبغات لكل نوع من أنواع الخلايا السرطانية ليتم امتصاصها بواسطة الخلايا السرطانية فقط دون التأثير على الخلايا السليمة.

تنتقل الطاقة الضوئية الممتصة بواسطة الصبغة إلى جزيئات الأكسجين في الخلايا، وبالتالي ينتج عن انتقال هذه الطاقة تشكل الأكسجين الأحادي الذي له القدرة على قتل الخلايا السرطانية. وتعرف بعض الصبغات ذات كفاءة منخفضة للضوء.



● استخدام الليزر في العلاج الطبيعي

الاستخدامات الطبية لليزر

أصبح الجراحون والأطباء في هذه الأيام قادرين على توظيف الليزر في الكثير من المهام الطبية بكفاءة ودقة عالية. وتعتمد المفاهيم الأساسية على مميزات الليزر بالإضافة إلى الطبيعة التركيبية للأنسجة وخصائصها الضوئية والحرارية. وهناك فوائد كثيرة للمرضى عند استخدام الليزر في العلاج منها:

١- احتمالية الاستخدام في مناطق صعبة الوصول

٢- فقدان قليل للدم

٣- انخفاض نسبة الشعور بالألم أثناء وبعد العملية وسرعة شفاء المريض بإذن الله

٤- انخفاض الضرر بالخلايا الحية المحيطة بالأنسجة

٥- الدقة في علاج المنطقة المصابة

٦- ليس هناك ضرر للمورثات أو تولد سرطان

٧- تكلفة منخفضة للعلاج

ويمكن استعراض بعض الليزرات الطبية وتطبيقاتها فيما يلي:

● ليزر الياك

يعد ليزر الياك (ND: YAG Laser) أحد أنواع الليزرات الصلبة، ويعمل بنفس أسلوب ليزر الياقوت وأنواع الليزرات الصلبة الأخرى. وتعني الأحرف (ND: YAG) اختصاراً للمواد المكونة للوسط المنتج لشعاع الليزر وهي نيوديميم ييتريوم ألمنيوم جارنيت (Neodymium Yttrium Aluminum Garnet).

يتم الحصول من ليزرات الياك على أشعة مستمرة وعلى شكل نبضات أيضاً.

وتُستخدم في كثير من التطبيقات الصناعية والعسكرية والطبية. يبلغ الطول الموجي لشعاع ليزر الياك ١٠٦٤ نانو متر وله امتصاص ضعيف في الدم والماء.

تُستخدم خاصية احتراق وتشتت شعاع ليزر الياك للأنسجة الحية وعبوره من خلال السوائل الشفافة في علاج التجاويف المائية مثل الكلية كما يُستخدم في علاج بطانة الرحم باستخدام ليف بصري عن طريق هيستروسكوب (Hysteroscope) يوصل شعاع الليزر إلى الرحم. كما يستخدم في علاج بعض أمراض العيون مثل الجلاكوما وتحلل الأوعية، كما يستخدم في عمليات التجميل مثل إزالة الشعر غير المرغوب فيه.



● جهاز ليزر الياك

● ليزر ثاني أكسيد الكربون

يعد ليزر ثاني أكسيد الكربون (CO_2 Laser) أحد ليزرات القدرة العالية. يعمل بأطوال موجية ١٠,٦ ميكرو متر و ٩,٤ ميكرو متر



● استخدام الليزر في عمليات التجميل

وليزر ثاني أكسيد الكربون أنواع منها ليزرات الاستثارة الطولية وليزرات الاستثارة المستعرضة والليزرات الحركية الغازية وتصل قدرات هذه الليزرات إلى ... واط ويزود أجهزتها بقطع يدوية وألياف بصرية وأذرعة متحركة.

تمتص الأطوال الموجية لليزرات ثاني أكسيد الكربون بشدة في الماء الذي يكون من ٧٠٪ إلى ٩٠٪ من تركيب النسيج الحيوي بمعامل امتصاص كبير نسبياً، وعليه فإن أغلب الطاقة الساقطة تمتص محدثة احتراق ذو عمق صغير جداً ... مم، مع حدوث ضرر بسيط للأنسجة المجاورة عن منطقة نسيج صغيرة جداً، ... قبل ... عدة ... جهاز جراحي دقيقاً. إضافة إلى استخدامات أخرى في مجال الطب مثل عملية قطع أو استئصال الأجزاء المصابة الشعيرة بالقطع الدقيق تاركاً مناطق جافة غير دموية وبالعمق الذي يرغب به الطبيب المعالج عن طريق التحكم في شدة الشعاع الساقط ومدته.

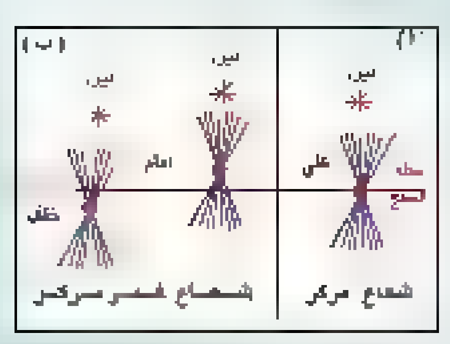
يتم إجراء عملية التبخير للأنسجة بتركيز أشعة الليزر على سطح النسيج أو أمامه أو خلفها حسب القدرة المحسوبة لإنجاز المهمة شكل (٤ أ، ب). إضافة إلى ذلك فإن ليزر ثاني أكسيد الكربون يستخدم في التلحيم الدقيق للأوردة والأعصاب فيما يسمى بتقنية الجراحة الدقيقة (Microsurgery).

وبصفة عامة فإن لليزر ثاني أكسيد الكربون تطبيقات واسعة في الطب حيث تشمل تطبيقاته أغلب فروع الطب مثل علم أمراض النساء وطب الأذن والأنف والحنجرة وطب العيون والجراحة التقويمية وجراحة الأعصاب، كما أن له استخدامات واسعة في معالجة المواد مثل القطع والتلحيم والتحزيم.

● ليزر أشباه الموصلات

ليزر أشباه الموصلات (Semiconductor laser) عبارة عن ليزر صغير الحجم يصل أحياناً إلى أقل من مليمتر، ويعمل بأطوال موجية تمتد من المنطقة المرئية في اللون الأزرق إلى المنطقة تحت الحمراء البعيدة، ويعتمد نطاق الأطوال الموجية لكل ليزر على نوعية مواد الوسط الليزري. وتعمل ليزرات أشباه الموصلات عادة على شكل شعاع مستمر (CW) أو على شكل نبضات.

تمتاز ليزرات أشباه الموصلات بإمكانية اختيار نطاق عريض من الأطوال الموجية، وتغيير عرض نبضات الليزر وإمكانية توصيل النظام بالألياف البصرية وسهولة الانتقال.



● شكل ٤: موقع حزمة الليزر في نقطة صغيرة على النسيج (أ)، وفي نقطة صغيرة أمام أو خلف النسيج (ب).



● جهاز ليزر طبي مع ملحقاته

يستخدم ليزر أشباه الموصلات في المجال الطبي في عدة حالات منها إزالة الشعر غير المرغوب به نهائياً، وإزالة البقع الجلدية عن طريق جهاز محدد بهذا الغرض. كما يستفاد من ليزر أشباه الموصلات في تطبيقات كثيرة وتتركز تلك التطبيقات على الاتصالات وكابلات بصرية خلال الألياف البصرية وإسطوانات الليزر المدمجة ومستشعرات ضوئية وأجهزة الليدار (أجهزة تستخدم في استشعار تراكيز ونوعيات الملوثات عن بعد) وفي تحديد المسافات بالليزر وبعض التطبيقات العسكرية.

المراجع

1. Arons, Medical Laser Market ... New High, Med Laser Rep ... 1997

٢. عطية بن علي الغامدي، كيف يعمل الليزر، في كيف تعمل الأشياء، مجلة العلوم والتقنية ... مقالة، الرياض، منشورات مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

3. A. Carruth and M.D. Pullgitte, Laser Surgery and Medicine, Principles and Practice, A John Wiley&Sons, Inc. Publication, New York, 1996

٤. عطية بن علي الغامدي، أجهزة الليزر ليزر أشباه الموصلات، مجلة مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، العدد السادس والأربعون، صفحة ... هـ



مخاطر أشعة الليزر

أ.د. محمد فاروق أحمد

منذ اكتشاف أشعة الليزر في منتصف القرن العشرين والعلماء يسعون دون هوادة للاستفادة من مزاياها في كافة المجالات. وخلال العقود الثلاثة الأخيرة من نفس القرن وجدت حزم أشعة الليزر تطبيقات عديدة ومتشعبة في مجالات الطب والجراحة وطب العيون والصناعة والتحكم الآلي والاتصالات والكيمياء وغيرها من المجالات المدنية والعسكرية.

وبرغم المنافع المتعددة لحزم أشعة الليزر في المجالات التطبيقية المتنوعة إلا أنها تشكل بعض المخاطر على متداولي الأجهزة التي تصدرها عند عدم الالتزام بمعايير التداول والاستخدام الآمن لهذه الأجهزة، خاصة عندما تتجاوز قدراتها حدوداً معينة.

وفي الوقت الحالي يتم إنتاج أنواع مختلفة من الأجهزة التي تبعث الحزم الليزرية يعمل بعضها بنظام الحزم المستمرة (أي المتواصلة)، ويعمل البعض الآخر بنظام النبضات الليزرية المتقطعة. كذلك تُوجد أجهزة تغطي ثلاث شرائح مختلفة من شرائح الموجات الكهرومغناطيسية، فهناك أجهزة تصدر حزماً بأطوال موجية تقع ضمن شريحة الضوء المرئي وأخرى تصدر حزماً بأطوال تقع ضمن شريحة الموجات الحرارية (أي الأشعة تحت الحمراء) وثالثة تصدر حزم ليزر عالية الطاقة نسبياً بأطوال موجية تقع في نطاق شريحة الأشعة فوق البنفسجية. وقد وجدت جميع هذه الحزم تطبيقات واسعة في شتى المجالات.

ولن يتعرض هذا المقال للتطبيقات المتعددة والمتشعبة لحزم أشعة الليزر، حيث أفرد لها مقال منفصل، وإنما سنكتفي هنا بتناول أهم التأثيرات البيولوجية الضارة لهذه الحزم عند تعرض الأنسجة البشرية لها. كما سيناقش المقال مدى الحاجة لاستصدار تعليمات ومعايير تنظم عمليات تداول واستخدام أجهزة الليزر استخداماً آمناً للاستفادة القصوى من مزاياها ومنافعها مع الحرص على الوقاية من المخاطر والأضرار المترتبة على الاستخدام غير الآمن عند حدوثه الخطأ.

خصائص أشعة الليزر

تتكون كلمة ليزر (Laser) من الحروف الأولى لخمس كلمات إنجليزية تعني «تضخيم الضوء بالانبعاثات المستحثة بالإشعاع». وتعود التطبيقات المتعددة لحزم أشعة الليزر لعدد من الخصائص الفيزيائية لهذه الحزم، وهي:

● **حزمة وحدة اللون**

تعني هذه الخاصية لأشعة الليزر أن جميع الموجات الكهرومغناطيسية (المسماة بالفوتونات) المنطلقة ضمن الحزمة تتحد في نفس الطول الموجي (أي نفس التردد)، وبالتالي فإن كل موجة في الحزمة تحمل نفس مقدار الطاقة الكهرومغناطيسية.

● **وحدة الطور**

يكون لجميع موجات حزمة الليزر في موضع محدد على خط انتشارها نفس الطور. كما أن طور جميع الموجات في الحزمة يتغير بنفس الأسلوب ومقدار مع انتقالها على المستقيم الذي تنتشر عبره. وبصفة أبسط فإن هذا يعني أن جميع موجات الحزمة تصل إلى السعة القصوى للمركبة الكهربائية أو المغناطيسية في نفس اللحظة وعند نفس النقطة من خط الانتشار، ثم تتناقص السعة بنفس الأسلوب وتصل إلى أن تصبح مساوية للصفر في نفس اللحظة والنقطة لجميع موجات الحزمة، وتستمر في التناقص إلى أن تصل السعة إلى أقصى قيمة سالبة في نفس اللحظة وعند نقطة محددة من المسار، ثم تعود جميع موجات الحزمة في التزايد من حيث السعة إلى أن تصل من جديد للسعة القصوى في نفس الوقت والموضع الجديد. ويترتب على هذا التماثل (أو وحدة الطور) في الموجات المختلفة التي تتكون منها حزمة الليزر تمتع هذه الحزمة بخاصيتين هامتين تعززان استخدامها في شتى المجالات التطبيقية وهما:

١- زاوية تفرق (تشتت) محدودة للغاية: بحزمة أشعة الليزر، تكاد تقترب من الصفر لمعظم الأجهزة المصدرة لهذه الأشعة، بحيث يمكن القول أن جميع موجات الحزمة تنطلق من مصدرها متوازية تماماً، وتكون مساحة المقطع العمودي لحزمة أشعة الليزر عند مخرج الجهاز الذي يولدها مساوية لمساحة مقطعها على امتداد مسار الحزمة حتى لو استمر هذا الامتداد

سات الكيلو مترات بخلاف الضوء المرئي العادي الذي ينتشر من مصدر انطلاقه في جميع الاتجاهات.

٣- التركيز: تتكثف طاقة حزمة الليزر بالنسبة لوحدة المساحة من مقطع الحزمة بحيث يمكن الحصول على حزم ليزر شديدة التركيز من حيث تدفق الطاقة (أي الطاقة الواقعة على وحدة المساحة من مقطع الحزمة)، ونظراً لقرب زاوية تفرق الحزمة من الصفر يظل تركيز طاقة الحزمة على وحدة المساحة ثابتاً حتى بعد وصول الحزمة مسافات بعيدة تصل إلى عشرات بل ومئات الكيلومترات.

التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر

أكدت التجارب العلمية أن للموجات الكهرومغناطيسية التي تغطي شرائح الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء تأثيرات بيولوجية ضارة عند امتصاص الأنسجة البشرية بشكل خاص وكافة الأنسجة الحية بشكل عام لقدر كبير من طاقتها. وتأتي أنسجة الجلد والعين البشرية في مقدمة الأول من حيث تأثرها بحزم أشعة الليزر. وقد أكدت التجارب العلمية أن لأشعة الليزر تأثيرات بيولوجية شديدة الضرر على هذين العضوين عندما تتجاوز كثافة القدرة في أي منهما حدوداً معينة.

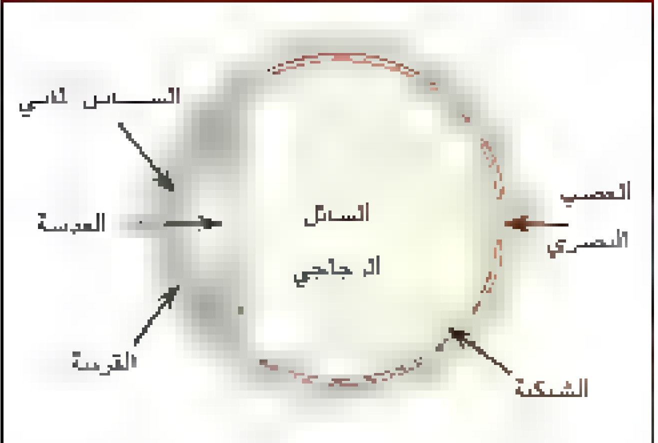
ويحدث التلف في العين البشرية أو الجلد عند سقوط حزم الليزر عليهما نتيجة لعمليات فيزيائية محددة تنقل خلالها الطاقة من حزمة الأشعة إلى العضو المتعرض. ويمكن أن يؤدي انتقال طاقة حزمة الليزر إلى العضو المتعرض إلى أي من العمليات الثلاث التالية مرتبة وفقاً لدرجة إسهامها في إحداث الضرر بالعضو بدءاً من الإسهام الأكبر:

١- رفع درجة حرارة الخلايا التي تمتص طاقة الحزمة إلى حد يؤدي إلى موت الخلايا وحدوث تلف في العضو.

٢- إحداث تفاعلات كيميائية بفعل الضوء الممتص في بعض مكونات الخلايا.

٣- إمكانية تأين بعض ذرات الخلايا المعرضة لحزمة الليزر عالية الطاقة التي تقع أطوالها الموجية ضمن شريحة الأشعة فوق البنفسجية، رغم أن مثل هذه الأجهزة التي تصدر أشعة فوق بنفسجية عالية الطاقة غير متداولة كثيراً ويقتصر استخدامها على تطبيقات معينة وتتخذ بشأنها احتياطات كبيرة لحماية العاملين بها.

وعموماً يعتمد التلف الواقع في النسيج أو العضو البشري بهذه العمليات الثلاث على كل من: طول موجة حزمة الليزر، ونوع النسيج أو العضو المتعرض، والمعدل الزمني لانتقال الطاقة إلى هذا العضو، ومعدل تبدد الطاقة الحرارية منه.

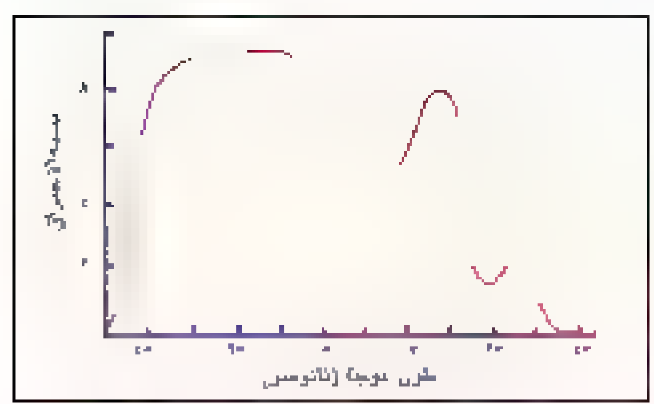


● شكل (١) مقطع العين وأهم المناطق المعرضة فيها

● التأثيرات على العين

تمثل العين البشرية العضو الأكثر تأثراً بأشعة الليزر. ولفهم كيفية حدوث التلف في العين عند سقوط حزمة الليزر عليها ينبغي معرفة تركيب العين ومسار حزمة الأشعة فيها والأنسجة الأكثر تعرضاً للتلف تبعاً للطول الموجي لحزمة الساقطة. عند سقوط أشعة الليزر على قرنية العين (شكل ١) تقوم القرنية بتجميع (أي بتركيز) حزمة الليزر التي تمر عبر كل من عدسة العين والسائل المائي الشفاف للعين والسائل الزجاجي حتى تسقط الحزمة في شكل نقطة صغيرة للغاية فوق الشبكية. الجدير بالذكر أن عدسة العين عبارة عن نسيج شفاف ومرن مغلف بغلاف عضلي يتحكم في تكور سطحي العدسة حتى يمكن للعدسة من تطبيق الصورة على الشبكية بدقة. ويعيق هذا الغلاف تبديد الطاقة الحرارية بالكفاءة المطلوبة عند امتصاصها في العدسة.

وتقوم عدسة العين بدورها بتكثيف تركيز الحزمة بحيث تتكون الصورة أو النقطة الصغيرة على الشبكية. وأثناء مرور حزمة الليزر يمتص كل عضو من هذه الأعضاء جزءاً من طاقة الحزمة وتعتمد الطاقة الممتصة في كل عضو على الطول الموجي لحزمة الليزر. ويبين شكل (٢) العلاقة بين نسبة الضوء الذي ينفذ خلال القرنية والعدسة والسائل المائي والزجاجي للعين ليصل إلى الشبكية وبين الطول الموجي لهذا الضوء. ويتضح من هذا الشكل أن الأشعة فوق البنفسجية التي يقل طولها الموجي عن ٤ نانومتر تكاد لا تنفذ إلى الشبكية، وأنه



● شكل (٢) العلاقة بين نسبة الضوء النافذ للعين والطول الموجي

تمتص في الأعضاء الأمامية للعين وهي القرنية والعدسة. أما الأشعة المرئية (التي تقع بين ٤٠٠ و٧٥٠ نانومتر) وكذلك الأشعة تحت الحمراء القريبة (لا يزيد طولها الموجي على ١٤٠٠ نانومتر) فإنها تنفذ إلى الشبكية دون حدوث امتصاص ملموس لطاقتها في الأعضاء الأخرى. وأما الأشعة تحت الحمراء التي يزيد طولها الموجي عن ١٤٠٠ نانومتر فيمتص الجزء الأكبر من طاقتها في الأعضاء الأمامية وخاصة القرنية والعدسة ولا يصل إلى الشبكية سوى جزء يسير من طاقتها.

لذلك يمثل الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة (حتى حوالي ١٤٠٠ نانومتر) أكبر المخاطر على الشبكية نظراً لانتقال النسبة الأعظم من طاقة هذا الضوء إلى الشبكية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء البعيدة (يزيد طولها الموجي على ١٤٠٠ نانومتر) فتسبب أكبر المخاطر على العدسة نظراً لامتصاصها معظم الطاقة.

● **تلف الشبكية**، وفي هذه الحالة يكون الضوء المرئي محدود التأثير على كل من القرنية والعدسة وشديد التأثير على الشبكية. وقد أوضحت التجارب العملية على بعض أنواع القرود (قريبة الخصائص البصرية مع الإنسان) أن تعرض العين لحزمة ليزر مرئي بمستوى تدفق للقدرة يبلغ حوالي ١٠٣ ملي واط/سم٢ على الشبكية بواقع ثلاث ساعات يومياً ولمدة ٧ أيام يؤدي إلى إحداث حروق في الشبكية تنتهي بالعمى، في حين لا تتأثر العدسة كثيراً بمثل هذا التدفق.

ومن العوامل المؤدية إلى سرعة تلف الشبكية معامل حزم الليزر المرئي وفي نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة أن كلاً من القرنية والعدسة يؤديان إلى تركيز الضوء الساقط بمعامل يزيد على مائة ضعف. حزمة الليزر المتوازية التي تدخل من حدقة العين (يتراوح قطرها ما بين ٥ إلى ٢ مم نهاراً، ومن ٨ إلى ٥ مم ليلاً) تم تركيزها لتصبح في حدود جزء أو عدة أجزاء عشرية قليلة من الملي متر (١٠ إلى ٢٠ مم) على الشبكية. وهذا يعني أن طاقة الحزمة تتركز في بقعة صغيرة للغاية على الشبكية. ونظراً لعدم وجود أوعية دموية في الشبكية ذاتها حتى تتمكن الدماء التي تسري فيها من تبديد الحرارة المتراكمة في الشبكية، وإنما توجد الأوعية الدموية في منطقة مشيمية (Choroid) الموجودة خلف الشبكية والتي تعد مصدر التغذية ومنطقة تبادل نفايات التمثيل الغذائي لخلايا الشبكية، لذلك تتبدد الحرارة المتراكمة في الشبكية ببطء، حيث تنتقل الحرارة من الشبكية إلى المشيمة أولاً ثم تتبدد من خلال سريان الدم في أوعيتها، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الشبكية.

وتجدر الإشارة إلى أن ارتفاع درجة حرارة الشبكية إلى حوالي ٤٥ م (أعلى قليلاً من درجة حرارة الإنسان المصاب بالحمى) يمكن أن يؤدي إلى إحداث تلف دائم في الشبكية يؤدي إلى العمى. ويبين جدول (١) القيم العتبية لتدفق طاقة أو قدرة حزمة الليزر التي لا تحدث ضرراً في العين البشرية لمدة ٠,٢٥ ثانية (زمن رمشة العين) ملائماً لتلف الشبكية وحدوث العمى الدائم.

● **عتامة عدسة العين**، وتحدث عندما يزيد معدل الطاقة الممتصة في العدسة من حزمة الليزر عن ١٥ ملي واط/سم٢. الحد المسموح لتبديد الطاقة دون إعاقة لا يتجاوز ١٠ إلى ١٥ ملي واط/سم٢. وعليه فإن درجة حرارة العدسة عندما ترتفع إلى درجة عالية نسبياً قد تسفر عن حدوث العتامة في العدسة، أي ما يعرف بمرض عتامة العدسة أو الكتاراكت أو الماء الأبيض.

نوع الليزر أو الضوء	طول الموجة (نانومتر)	استمرار النبضة (ميكرو ثانية)	مستوى العتبة
موجه مستمرة ليزر نبضي	ضوء أبيض ٩٠٠	٢	٦ واط/سم٢ ٨٥٠ جول/سم٢

● جدول (١) القيم الموجبة لأشعة الليزر التي لا تحدث تعرض العين البشرية لها

وفي الظروف الجوية الطبيعية فإن مخاطر الإصابة بمرض الماء الأبيض تزداد عندما ترتفع درجة حرارة العدسة إلى حوالي ٤٥ م، ويحدث مثل هذا الارتفاع في الحرارة عند سقوط حزمة ليزر مرئي يصل تدفق القدرة لها إلى عدة مئات من الملي واط/سم٢.

وتجدر الإشارة إلى أن مرض الماء الأبيض الذي يصيب العدسة عند تراكم الطاقة من حزم الليزر يحدث غالباً قرب السطح الخلفي لغلاف العدسة سواء كان الليزر من النوع المرئي أو فوق البنفسجي أو دون الأحمر، أما مرض الماء الأبيض الذي يحدث عن تقدم السن فغالباً ما يحدث قرب السطح الأمامي لغلاف العدسة.

● **التأثيرات على الجسد**

عند سقوط أشعة الليزر بأنواعها المختلفة (المرئية ودون الحمراء وفوق البنفسجية) يمتص الجزء الأكبر من طاقة الحزمة في الطبقة السطحية للجلد وتتحول الطاقة الممتصة إلى طاقة حرارية. ونظراً للتوصيلية الحرارية الرديئة للجلد بسبب افتقاره للأوعية الدموية ووجود طبقة دهنية عازلة تحته يكون تبدد الطاقة الحرارية الموزعة في الجلد بطيئاً مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في موضع التعرض للحزمة إلى درجة عالية نسبياً. ويؤدي ارتفاع درجة حرارة الجلد إلى تبخر الماء الموجود في أنسجته وإلى فقد بروتين الجسم لخصائصه، وعند زيادة درجة الحرارة يمكن أن يحدث التهاب الجلد في المواقع المتعرضة للحزمة بل قد يتفحم.

وتعتمد درجة الضرر في الجسد المتعرض لحزم الليزر بسبب ارتفاع درجة حرارته على طول موجة الحزمة ومدة التعرض وكذلك على درجة التلون (أي الصباغي). ويستعرض جدول (٢) قيم الحد

الأدنى لتحقق طاقة حزمة الليزر على سطح ذراع شخص بالغ من العرق الأبيض والتي يمكن أن تسبب تلف الجلد بالنسبة لبعض أنواع الليزر ولظروف مختلفة من التعرض.

● الليزر والسرطان

من النتائج العلمية المتوفرة حتى الآن أنه لا توجد شواهد أكيدة للجزم بوجود علاقة بين التعرض لأشعة الليزر واحتمال استحداث السرطان سواء بالنسبة لحزم الليزر في الشريحة المرئية أو تحت الحمراء في أي من العضوين المتأثرين بهذه الحزم وهما العين والجلد، وسواء عند التعرض لحزم الليزر بجرعات منخفضة وبطريقة مزمنة لفترات طويلة أو عند التعرض لجرعة حادة عند انتقال كمية كبيرة من طاقة الحزمة خلال فترة زمنية قصيرة. ومع ذلك فإنه ينبغي التروي في استخلاص النتائج وإصدار الأحكام نظراً لأن ظهور السرطان يستحث بالعديد من العوامل كالأشعة المؤينة وغيرها ولا يقع سوى بعد مرور فترة طويلة من الزمن قد تزيد على عشرين عاماً فضلاً عن ذلك فإنه يستحيل فصل السرطانات المستحثة لأسباب مختلفة عن بعضها البعض أو عن تلك المستحثة طبيعياً والتي تمثل حوالي ٢٠٪ من أسباب الوفيات، ويتضمن تراوحات إحصائية كبيرة يصعب في وجودها الخروج باستخلاص ونتيجة مؤكدة.

أما بالنسبة لأجهزة الليزر التي تصدر حزماً بتردد يقع في شريحة الأشعة فوق البنفسجية، فإنه يجب تبيان أن البحوث العلمية قد أثبتت وجود علاقة بين السرطان والتعرض لكميات كبيرة من هذه الأشعة فقد أوضحت الشواهد التجريبية أن شريحة الأشعة فوق البنفسجية التي تقع أطوال موجاتها بين ٢٩٠ إلى ٣٢٠ نانومتر هي من الإشعاعات التي تستحث السرطان في الجلد. لذلك فإنه يمكن القول أن أجهزة الليزر التي تصدر حزماً بأطوال موجية تقع ضمن هذا المدى تمثل مخاطر سرطانية وإن كانت محدودة على المتعرضين لها.

درء المخاطر والحاجة لمعايير وطنية

رغم تنوع تطبيقات حزم الليزر في العديد من المجالات وانتشار استخدام أجهزتها إلا أنه لم تحظ متطلبات الحماية من المخاطر بالاهتمام الواجب سواء من قبل مستخدمي أجهزة الليزر أو من عامة البشر. ومن المؤسف أن عدم الاهتمام بالمخاطر بلغ درجة كبيرة حتى بات من المألوف مشاهدة صبية وأطفال يلهون بأقلام الليزر بل وقد يوجهونها إلى أعين أقرانهم الأمر الذي قد يؤدي إلى فقدهم نعمة البصر.

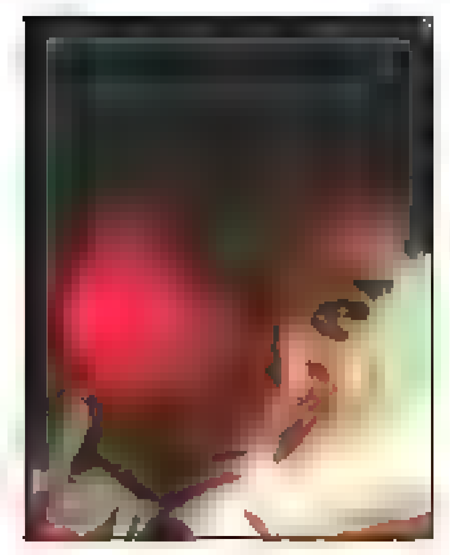
وللاستفادة الكاملة من خصائص حزم الليزر مع خفض مخاطرها للحد الأدنى عنيت الدول المتقدمة بوضع معايير وطنية سواء بالنسبة للجهات المعنية بإنتاج الأجهزة المصدرة لحزم الليزر أو لمستخدميها. وإلى جانب إصدار التعليمات وتحديد متطلبات التعاون الآمن حددت هذه الدول كيانات وطنية وكلفتها بمراقبة تطبيق المعايير والتعليمات الوطنية والالتزام بكافة متطلبات إنتاج واستخدام الأجهزة وتشغيلها حماية لمواطنيها. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال، تتحمل وكالتان وطنيتان مسؤولية تطبيق النظم والتعليمات الوطنية المعنية بالحماية من مخاطر حزم الليزر، وهما مكتب الصحة الإشعاعية التابع لإدارة الخدمات البشرية والصحية وإدارة الصحة والأمن المهني التابع لوزارة العمل.

وقد اعتمدت هاتان الهيئتان معايير وطنية أمريكية لإنتاج أجهزة الليزر والتعرض للحزم التي تنبعث منها. وقد قام مؤتمر الأمريكي الحكومي لعلماء الصحة والمعهد الوطني الأمريكي للمعايير بتحديد الحدود القصوى المسموح بها للتعرض لحزم الليزر المباشرة أو للأشعة المشتتة منها من جميع الأطوال الموجية والقدرات.

وفي عالمنا العربي ينبغي تسمية الجهات أو الهيئات التي تتولى مسؤوليات الحماية من مخاطر حزم الليزر، وتكليف هذه الجهات بإعداد التعليمات الوطنية اللازمة للسيطرة على مخاطر أجهزة الليزر، ومراقبة إنفاذ هذه التعليمات وتحديد المتطلبات التي ينبغي استيفاؤها بالنسبة للمستخدمين من حيث التأهيل والتدريب، وترخيص أجهزة الليزر، وتوفير المعدات الواقية للعيون والجلد، ومنع العبث وعدم الاكتراث الذي يرافق تداول هذه الأجهزة في بعض الأحيان.

نوع الليزر	طول الموجة (نانومتر)	مدة التعرض	مساحة التعرض (ملي متر)	الحد الأدنى لطاقة الحزمة جول / سم٢
ياقوت نبضي	٦٩٤	٢ ملي ثانية	٣٤ ٣٤	١٤ ٢
أرغون	٠ ☆	٦ ثواني	٥ ٩	١٣ ١٧
ثاني أكسيد الكربون	٦ ١	٠ ٣ ثواني	١	[illegible]

■ جدول (٢) القيم للحد الأدنى لتحقق طاقة حزمة الليزر على سطح ذراع رجل أبيض



● مخاطر أقلام الليزر على الأطفال



يقول د. بي روحرر رئيس تحرير مجلة (علم أشعة رونتجن) التي تصدرها المجلس الأمريكي: "وضع التشخيص بالأشعة (التصوير بالإشعاع) في مقدمة الأمور في بروتوكول الطب عن التشخيص الجغرافية والمسبقة، ولقد اعتبر شيئاً ثانوياً للتشخيص، ولكن الآن فإن التصوير بالأشعة قد تبوأ مركز الصدارة في المستشفى، وإن من الاستحالة ممارسة الطب الحديث دون التصوير بالأشعة».

أصبحت الأشعة السينية أحد أهم عناصر التشخيص الطبي في العصر الحديث، وقد تزايد الاعتماد عليها مع مرور الوقت بسبب التطور السريع والمتطور بهذه التقنية، فمثلاً كان عدد مراجعين سنوي لإجراء الفحوصات الإشعاعية في أمريكا عام ١٩٨٠م حوالي ١٨٦ مليون شخص، وقفز إلى ٢٣٣ مليون شخص عام ١٩٩٠م، أي أن معدل الصور الإشعاعية قفز من ٨١٠ صورة لكل فرد عام ١٩٨٠م إلى ٩٣٣ صورة لكل فرد في عام ١٩٩٠م.

وباسترجاع الماضي يتضح أن ويلهام رونتجن قد اكتشف الأشعة السينية عام ١٨٩٥م، ولأنه لم يكن يعرف كنه تلك الأشعة فقد سماها في البداية شكل جديد من الضوء غير معروف النوع، ولأنه لم يتمكن من معرفة نوعها فقد سماها أشعة سينية X-ray أي المجهولة، وبعد مضي عدة سنوات عام ١٩٠١م حصل رونتجن على أول جائزة نوبل في مجال الفيزياء لاكتشافه المذكور.

اتسم عام ١٨٩٦م بالتغير بجميع المقاييس بالنسبة إلى التصوير الإشعاعي فقد قدم في هذه السنة وحدها ما يقارب ١٠٤٤ بحثاً عن الأشعة السينية، كما أن الإنجازات والتطورات في هذا المجال الوليد فاقت جميع التصورات، وما زالت بعض تلك الإنجازات تستخدم إلى يومنا هذا.

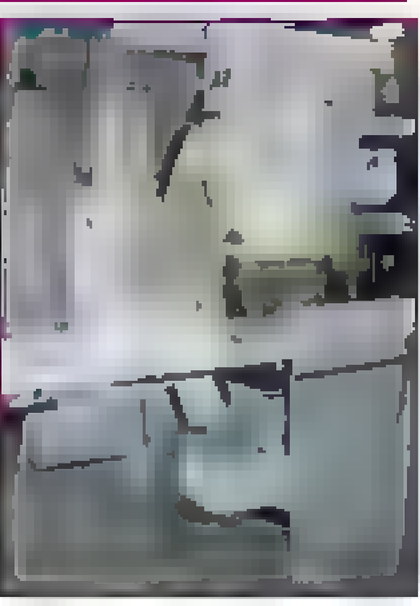
بالرغم من التطور الهائل والسريع للتصوير بالأشعة خلال مائة عام الماضية إلا أن المبادئ التي يعمل بها لم يتغير منذ بداية استخدامها في مطلع القرن العشرين، فعند تشغيل مصدر الأشعة السينية تمر الأشعة مخترقة الجزء المراد



■ أنبوبة الأشعة السينية

تصويره، ومن ثم تصل إلى حافظة الفيلم (Film cassette) التي تقع خلف أو تحت العضو المراد تصويره. وبصدور حزمة الأشعة السينية (إشعاعات بطاقات مختلفة تتفاوت شدة اختراقها لأعضاء جسم الإنسان المختلفة حسب صفات العضو المخترق) بعد عبور الأشعة فإنها تمتص الأشعة بنسب مختلفة تعتمد على كثافة الأنسجة المراد تصويرها، فكثافة العظام تعد أكبر بكثير من الأنسجة ولذلك فإنها تمتص الأشعة بشكل كبير، في حين أن الأنسجة الرخوة حول العظام تمتص أو تضعف الأشعة السينية بشكل أقل بكثير، ويؤدي ذلك إلى اختلاف كمية الأشعة الممتصة والتفاوت في كمية الإشعاعات التي تخترق العضو وتقع على الفيلم فهي التي تصنع الصور الواضحة لكسور العظام والأنسجة السرطانية وغيرها.

وفي السنوات الأولى من عمر التصوير الإشعاعي كان تصوير الرأس يأخذ أكثر من [illegible] دقيقة من التعرض لأشعة الإشعاع، ولكن نفس الصورة أصبحت تؤخذ في أجزاء صغيرة من الثانية في التصوير الجديد، إضافة إلى أن كمية الإشعاع قد تقلصت إلى حوالي ٢٪ فقط عما كان عليه في فجر هذه التقنية، علماً أن تقنيات التصوير الإشعاعي الحديث تطورت



● جهاز التصوير الإشعاعي الفوري مجهز بمضخم الصورة والشبكة التلفزيونية

تطوراً مذهلاً وأصبحت تعطي صوراً أدق وأوضح وبأقل ما يمكن من إشعاع. وقد سمحت هذه التطورات بتشخيص أصغر التغيرات المرضية والتي كان من الصعوبة تشخيصها بالتقنيات القديمة. وكان من أهم تلك التطورات ما يلي:

● الشاشة الفوسفورية

في بداية التصوير الإشعاعي كان يتطلب من الطبيب النظر مباشرة إلى الإشعاع أثناء التصوير مما يعرضه إلى مستويات عالية من الإشعاع تهدد حياته. تلا ذلك استخدام شاشة من الفلورسنت متصلة بمرآة خاصة لكي يتيسر للطبيب رؤية الصور الإشعاعية بوضوح. وفي عام ١٩٤٦م تم تطوير جهاز يحمل حافظة فيلم متغيرة يستطيع تصوير أفلام متتابعة (مثل الأفلام السينمائية) بمعدل ١٠٥ كاسيت في الدقيقة. وبحلول عام ١٩٥٣م كانت هذه التقنية قد طورت وأصبحت قادرة على التصوير بمعدل ستة أفلام في الثانية الواحدة.

● محلول مباين

استمر البحث والتطوير في مجال التصوير الإشعاعي فكان التطور الآخر استخدام محاليل التباين (Contrast Media) الصيدلانية للمساعدة في توضيح أوعية الأوعية الدموية والأمعاء الرقيقة بشكل أدق. وقد استخدمت هذه التقنية للمرة الأولى بين عامي ١٩٠٦-١٩٦٢م، حيث سمحت للمرة الأولى للطبيب برؤية الأوعية الدموية والأمعاء الدقيقة بوجود عوائق.

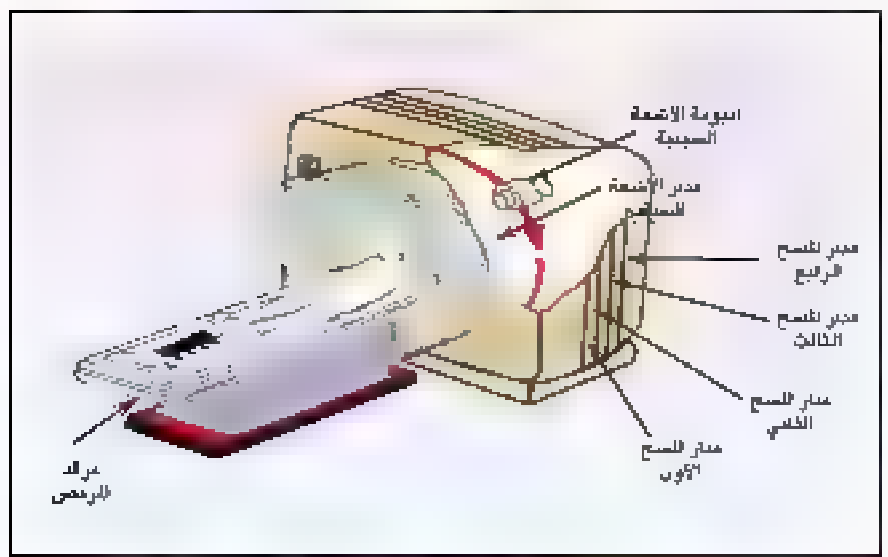
● مكثف الصورة

في عام ١٩٥٥م تم تطوير مضخم صورة الأشعة (Image Intensifier) الذي يستطيع التقاط وبث الأشعة السينية على شكل فيلم باستخدام كاميرا تلفزيونية وجهاز عرض. وقد تطورت هذه التقنية بشكل سريع وقياسي فحلت مكتف الصورة والشبكة التلفزيونية محل التقنية القديمة تماماً بحلول عام ١٩٦٠م. وقد فتحت هذه التقنية الجديدة باب التخصص الدقيق الا وهو التصوير الإشعاعي للأوعية الدقيقة الذي أتاح تصوير الشعيرات الدموية والقلب بشكل عادي.

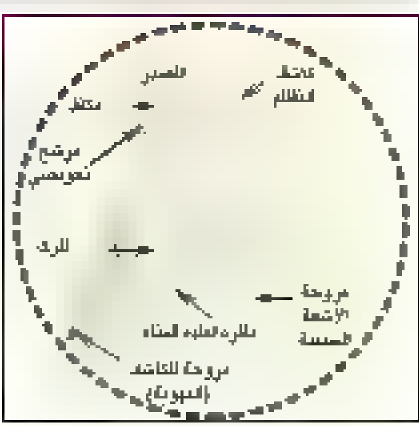
● المسح المقطعي بالحاسب الآلي

يعد اكتشاف المسح المقطعي بالحاسب (Computer Tomograhgy scan) في عام ١٩٧١م بواسطة الفيزيائي البريطاني جودفري هاونس فيلد وبواسطة الفيزيائي الجنوب إفريقي آلان ماكليود كورمارك في أمريكا عام ١٩٧٣م، حصلا بموجبه مناصفة على جائزة نوبل في الطب عام ١٩٧٩م معادلاً تقريباً في تأثيره الطبي اكتشاف الأشعة السينية في عام ١٨٩٥م.

وقد استخدم هونس فيلد في بداية الأمر أشعة جاما، ومن ثم الأشعة السينية وكاشف إشعاعي على استقامة واحدة محمولين على هيكل يدور حول الهدف المراد تصويره. وعند المشغلين ترسل المعلومات الناتجة عن اختراق الأشعة للجسم إلى حاسب آلي لتحليلها ومن ثم تركيب الصورة من المعلومات المعطاة وبذلك استطاع فيلد أن يحصل على أول صورة مقطعية. وفي بداية الأمر كان أول جهاز صمم يأخذ ساعات لتجميع معلومات مقطع واحد، ويأخذ أكثر من ٢٤ ساعة لتحليل وتجميع هذه المعلومات للمقطع الواحد. إلا أن هذه التقنية قد تطورت بشكل كبير في وقت قصير جداً. ففي عام ١٩٧٦م (أي بعد ٤ سنوات فقط)، ظهر الجيل الرابع من هذه الأجهزة الذي يتكون من جهاز تصوير طبقي مبرمج يدور فيه جهاز مصدر الأشعة السينية، بينما يتوزع ٦٢٠ كاشفاً إشعاعياً على قرص دائري كبير (فتحة الجهاز) لاستقبال الإشعاع الساقط بعد مروره خلال الجسم المراد تصويره. ويمتد زمن المسح أو التصوير في هذه الأجهزة من ثانية واحدة إلى ثانيتين فقط.



● جهاز المسح المقطعي بالحاسب الآلي



● الجيل الرابع من جهاز المسح المقطعي بالحاسب الآلي

وتعمل هذه الأجهزة بحيث يمدد المريض على طاولة الفحص، وعند تشغيل الجهاز تتحرك الطاولة نحو فتحة الجهاز الذي يحتوي على مصدر الأشعة السينية والكواشف. يدور مصدر الأشعة حول الجزء المراد تصويره في مختلف الجهات على شكل مقاطع تتراوح سماكة كل مقطع بين ١ ملم إلى ١٠ ملم، ومن ثم ترسل المعلومات إلى حاسب آلي ليحللها ويعيد تركيب كل مقطع ويعرضه على شاشة العرض.

يعد اختراع التصوير الطبقي اللولبي أحدث تطور لأجهزة المسح المقطعي بالحاسب، وكان الهدف من ابتكار هذه الطريقة إنقاص زمن حبس النفس للمريض خاصة في تصوير الرئتين، وبالتالي إنقاص زمن التصوير.

● أجهزة تصوير الثدي

بدأت تقنية تصوير الثدي (Mammography) في عام ١٩٦٠م، إلا أن التصوير الحديث لم يبدأ إلا في عام ١٩٦٩م، عند استحداث أول جهاز أشعة خاص بتصوير الثدي.

يستخدم جهاز تصوير الثدي عنصر الموليبدنيوم كهدف للإلكترونات عوضاً عن عنصر التنجستن كما في أجهزة الأشعة السينية العادية. ومن مميزات عنصر الموليبدنيوم أنه يصدر أشعة بطاقة منخفضة مقدارها ١٧.٩ إلى ١٩.٦ كيلو إلكترون فولت، وهذا من شأنه - إضافة إلى استخدام الجهاز جهد أقل من كيلو إلكترون فولت - أن يزيد من مقدار التباين بين أنسجة الثدي، كما جهز الجهاز بحافظة أفلام شديدة الحساسية. وبدون ذلك كان من الصعوبة رؤية التكتلات الصغيرة في مراحلها الأولى، حيث كان من الصعب بل من المستحيل رؤية بعض الأورام الكبيرة باستخدام الأشعة السينية العادية.

الجدير بالذكر أن جهاز تصوير الثدي يستطيع اكتشاف ٨٥ إلى ٩٠٪ من حالات سرطان الثدي عند النساء اللواتي تزيد أعمارهن عن ٥٠ سنة، كما أن باستطاعته الكشف عن أورام الثدي قبل أن تشعر به المرأة بعامين مما يجعل معالجته أسهل وأيسر عن طريق الجراحة.

● التصوير الرقمي

دخلت تقنيات التصوير الرقمي (Digital Imaging) في التصوير الإشعاعي منذ عام ١٩٨٠م، عندما أدخل الحاسب في التصوير الإشعاعي العادي، مما حسن من حدة ووضوح الصور الإشعاعية بدرجة كبيرة.

تعتمد التقنية الرقمية على العلم وحافظة مستقبل الأشعة بعد مرور الأشعة عبر الجسم، على لوحة فوسفورية تحول الأشعة الساقطة إلى ضوء ينتقل عبر موصلات بصرية إلى كواشف حساسة. ومن المتوقع في السنوات العشر القادمة أن تحل التقنية الرقمية محل التقنيات العادية للتصوير الإشعاعي، وأن تستبدل جميع حافظات الأفلام إلى كاشفات إشعاعية رقمية. وتتميز التقنيات الرقمية بمميزات عديدة منها:

إمكان إرسال الصورة الإشعاعية عبر شبكات الاتصال وشبكة الإنترنت والاحتفاظ بنفس جودة الصورة ونقائها.

تعريض المريض لجرعة منخفضة كافية للحصول على صورة عالية الكفاءة، وبالإمكان تحسين الصورة الإشعاعية الرقمية عن طريق معالجتها بالحاسب.

تمكن أكثر من طبيب أو أخصائي سواء كان داخل المستشفى الواحد أو خارج المستشفى في إبداء المشورة والتشخيص الجماعي للمريض.

إمكانية تخزين الصورة الإشعاعية تخزيناً رقمياً عن طريق الأقراص المدمجة وغيرها من الطرق الرقمية المعروفة.

إمكانية استرجاع الصورة الإشعاعية القديمة المخزنة بطريقة سهلة وسريعة لمعرفة تطور حالة المريض.

منذ بداية عهد التصوير الإشعاعي لم تكن معروفة مدى خطورة الأشعة السينية مما أدى إلى تعرض العاملين عليها إلى جرعات عالية جداً أدت إلى وفاة العديد



● جهاز تصوير الثدي.

منهم. ففي دراسة تمت عام ١٩٤٤م على حالات موت أطباء الإشعاع ما بين عام ١٩٣٩م - ١٩٤٣م اتضح أن حوالي ٥٪ منهم توفي نتيجة مرض ابيضاض الدم (لوكيميا الدم)، وهي نسبة عالية جداً. ولكن مع التطور التقني للأفلام وزيادة حساسية ومحافظات الأفلام تناقصت الجرعة التي يتعرض لها المريض بشكل كبير منذ ١٨٩٦م إلى الآن بحوالي ٥٠ إلى ١٠ مرة.

ومنذ ذلك الوقت فقد تزايد الوعي لخطورة الإشعاع على العاملين والمرضى، مما دعى الهيئات العلمية والحكومية إلى إصدار العديد من التشريعات والقوانين التي تحد من مستوى الإشعاع سواء كان ذلك للشركات المصنعة للأجهزة أو للعاملين أو المرضى. وقد أدى ذلك إلى جعل التشخيص الإشعاعي حالياً أكثر أمناً وفائدة.

تطبق جميع المستشفيات والعيادات التي تحوي أجهزة أشعة نظماً ومواصفات خاصة، ... مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية هي الجهة الرسمية في المملكة لإصدار مثل هذه القوانين. لغرف الأشعة وسماكة جدران الغرفة الخارجية وعرفة التحكم داخل الغرفة، بالإضافة إلى ضرورة وجود ملابس مرصصة للعاملين والعديد من الدروع الواقية الخاصة بالمرضى. ولتحديد كمية الرصاص المطلوبة أو عرض جدران الغرفة إلى عدة عوامل منها جهد الجهاز، وعدد المرضى وبُعد الجهاز عن أقرب جدار، وعدد الصور التي تؤخذ لكل مريض... وغير ذلك من العوامل.

وتفرض القوانين حمل مقياس الجرعة الشخصية لجميع العاملين في مجال التشخيص الإشعاعي وذلك لمعرفة مدى تعرضهم للإشعاع، وعدم تجاوزهم الحدود التي وضعتها اللجنة العالمية للحماية من الإشعاع (ICRP)، بالإضافة إلى مراقبة بيئة العمل وكيفية تطبيق معايير الوقاية من الإشعاع في عملهم.



تتفاوت جرعات الأشعة الممتصة من الأشعة السينية في مجال التشخيص تفاوتاً كبيراً، ويعتمد ذلك على نوع التشخيص، والعضو المراد تصويره، ويعتمد على نوع التصوير الإشعاعي المستخدم.

السنة	الاكتشاف
١٨٩٥	إكتشاف العالم الألماني رونتجن لأشعة السينية وصور يد زوجته كأول صورة تؤخذ بواسطتها
[illegible]	استخدام الأشعة السينية في تصوير الصدر للتشخيص المبكر لمرض السل
١٩٠٦	بدء استخدام محاليل الباريوم وقد استخدم للمرة الأولى في تصوير الجهاز البولي
١٩٢٩	أول حالة قسطرة بواسطة الطبيب فورسمان وقد أجراها على نفسه
١٩٤٤	تضخيم الأشعة السينية بواسطة وحدة إلكترونية للتمكن من أخذ صور متتالية
١٩٦٧	اختراع جهاز الأشعة السينية لتصوير الثدي.
١٩٧٢	اختراع التصوير الطبقي المبرمج (المسح المقطعي بالحاسب).
١٩٧٨	التصوير الإشعاعي الرقمي وتم تحويل الإشارة الكهربائية الصادرة من الأشعة السينية إلى صورة رقمية
١٩٨٩	اختراع التصوير الطبقي الحلزوني المبرمج

● بعض العلامات المهمة في تاريخ التصوير بالأشعة.

منطقة التصوير	الجرعة الفعالة (مليسفرت)
الصدر	٠,٠٢
الجمجمة	
البطن	١,٢
الثدي	
الجزء القطني من العمود الفقري	٢,٩
الشرج والقولون بالباريوم	٨,٧
التصوير الطبقي المبرمج للرأس	١,٨
الأشعة التداخلية للمخ	٩,٦
الأوعية الدموية القلبية	٢٨,٩

● جدول رقم (١) الجرعة الفعالة التي يتعرض لها المريض لمعظم فحوصات التشخيص الإشعاعي العادي والأشعة التداخلية.

فمثلاً تبلغ الجرعة الممتصة من تصوير الصدر حوالي ٢ إلى ٤ ميكروسيفرت، في حين أن الجرعة الممتصة من تصوير البطن تبلغ حوالي ١٢٠٠ ميكروسيفرت. كما تبلغ الجرعة الممتصة الناتجة عن التصوير المقطعي للرأس حوالي ١٨٠٠ ميكروسيفرت، علما بأن الجرعة الممتصة من تصوير الثدي تبلغ حوالي ٦٠٠ ميكروسيفرت. جدول (١)

وتعد الأشعة التداخلية مثل حالات القسطرة القلبية، الأعلى من حيث الجرعة الممتصة التي يتعرض لها المريض، فقد تبلغ حوالي ٢٨٠٠٠ ميكروسيفرت (٢٨ملي سفرت)، وعموما فإن هذه القيم تتراوح تراوحاً متبايناً من بلد لآخر ومن مستشفى لآخر، لذلك توصي المنظمات الدولية بضرورة تأكيد جودة ممارسات التصوير الإشعاعي بخفض الجرعة التي يتعرض لها المريض.

لذلك فقد أصدرت الهيئات العلمية المختصة مثل اللجنة العالمية للحماية من الإشعاع نشرات تحذيرية للحد من الجرعة التي يتلقاها المريض في مثل هذه الحالات.

كما ينصح المرأة الحامل بتجنب التصوير الإشعاعي لمنطقة البطن بشتى أنواع التصوير الإشعاعي، وبالذات التصوير المقطعي لمنطقة البطن أو أي حالة من حالات الأشعة التداخلية، ما لم تكن هناك مبررات شديدة لهذا التصوير حفاظاً على الجنين.

استخدام المناظير الضوئية في الطب

د. محمد بن صالح الصالحي



أدى استخدام المناظير الضوئية في الطب إلى ثورة في كل من التشخيص والعلاج الجراحي، لما لها من مميزات كثيرة عن الطرق الأخرى والتي سوف نرد في حينها. وقد تطورت الآن أنواع المناظير حتى أصبح لكل جزء من الجسم منظاره الخاص به. وتشتق كلمة منظار (Endoscope) من كلمتين (Endo) وتعني داخل (Inside) و(skopein) وتعني يرى، أي الآلة التي يمكن بواسطتها رؤية الأعضاء المختلفة داخل جسم الإنسان.

وقد وجد من التجربة التاريخية أنه يمكن إدخال أنبوبة داخل تجويف الجسم وعن طريق الإضاءة من مصباح كهربائي صغير يمكن الفحص ومن ثم التشخيص، إلا أن هذه الطريقة لا تسمح للطبيب بالرؤية الجيدة ولا تسمح له بالتحول إلى مناظر معينة وخاصة عندما تكون هناك انحناءات مختلفة بالإضافة إلى أن المصباح ينتج كمية كثيرة من الحرارة.

أحدثت تقنية الألياف الضوئية (Fiber optic Technology) ثورة في تقنية المناظير الضوئية نظراً لأنها مكنت من إنتاج مناظير مرنة، ويمكن وصول الضوء إلى مسافات بعيدة وانحناءات عديدة عن طريق حزمة من الألياف (Boundles of Fibers) تمكن الطبيب من رؤية العضو المراد تشخيصه.

يتناول هذا المقال المناظير الضوئية المستخدمة في تشخيص الأمراض والجراحة مع شرح لتقنية الألياف الضوئية وأهميتها في التشخيص والجراحة.

الألياف الضوئية

تستخدم الألياف الضوئية (Fiber optics) في نقل أشعة الضوء إلى مسافات كثيرة بدون توهين يذكر، ومن فإن استخداماتها لا يقتصر على المجال الطبي فقط، ولكن توجد لها استخدامات أخرى كثيرة جداً في الصناعة، إضافة إلى أنها أحدثت ثورة في مجال الاتصالات نظراً لقدرتها الفائقة على إرسال واستقبال الرسائل الهاتفية وبالسرعة المطلوبة، ولهذا قد تم

تستخدم الآن لربط أجهزة الحاسوب بالأخرى الخادمة (Server) وبالسرعة المطلوبة، وتمتاز الألياف الضوئية بأنها خفيفة، ومحصنة ضد التداخل مع الموجات الكهرومغناطيسية، كما أنها آمنة أي لا يمكن اختراقها، وبالتالي تعد مثالية بالنسبة للاستخدامات العسكرية.

الجدير بالذكر أن فكرة نقل أشعة الضوء المرئي خلال وسط ليست جديدة ففي عام ١٨٧٠م أثبت تاندال (Tyndall) إمكانية توجيه ونقل الضوء خلال نفث (Jet) مائي يسري من مستودع مياه. إلا أن هذه الفكرة لم تلاق النجاح، وذلك بسبب المسافة التي يخترقها الضوء بسبب الفقد الكبير في الطاقة خلال الوسط. وتوالت محاولات بعد ذلك حتى عام ١٩٥٠م عندما نجح إبراهام فان هيل (A. Van Heel) من هولندا بالتعاون مع كل من هوبكنز (H. Hopkins) وكباني (N. Kapany) من لندن في نقل الصور عن طريق حزم من الألياف الضوئية.

● آلية نقل الضوء بالألياف الضوئية

يعتمد نقل الضوء خلال الألياف الضوئية على مبدأ الانعكاس الكلي الداخلي (Total Internal Reflection) ويعني هذا المصطلح أن الضوء الساقط على السطح الفاصل بين وسطين مختلفين للضوء لا ينكسر بل ينعكس بكامله داخل الوسط الذي أتى منه، وتلك تحت شروط خاصة وهي:

١. يجب أن يكون معامل الانكسار (Refractive index) للوسط الساقط منه الضوء أكبر من معامل الانكسار للوسط المنتقل إليه.

٢. أن يسقط الضوء من الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر بزاوية سقوط أكبر من الزاوية



● شكل (١) مسار الأشعة من مصدر ضوئي في الماء إلى الهواء

● شكل (٢) تغير مسار أشعة الضوء بالانعكاس الكلي داخل المناظير

● شكل (٣) مسار شعاع ضوئي خلال ليفة ضوئية

الحرجة (Critical angle) بين الوسطين

ويعرف معامل الانكسار بأنه نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في أي وسط وحيث أن سرعة الضوء بجميع أطواله الموجية في الفراغ ثابتة فإن معامل انكساره في الفراغ يساوي الواحد وبالتالي فإن معامل انكسار الضوء في المواد الأخرى تزيد عن قيمته في الفراغ (أكبر من الواحد).

ويوضح الجدول (١) معاملات الانكسار لبعض المواد المعروفة عند درجة حرارة الغرفة.

فمثلاً عند مرور الضوء من مصدر موجود داخل وعاء به ماء شكل (١) فإنه عندما تسقط أشعته بزوايا معينة إلى سطح الماء سوف ينعكس بعضها (Reflection) بينما ينكسر البعض الآخر ويبقى ذلك الانعكاس والانكسار للضوء حتى تصل زاوية سقوط الأشعة على سطح الماء إلى حد معين تسمى الزاوية الحرجة (θc) عند ذلك تنعكس الأشعة على سطح الماء انعكاساً كلياً بحيث لا يوجد أي أثر للأشعة المنكسرة وتعتمد تلك الزاوية على معاملي انكسار الماء n_1 والهواء (n_2) وذلك حسب المعادلة التالية

$$\text{جيب الزاوية الحرجة } (\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

نوع المادة	معامل الانكسار	نوع المادة	معامل الانكسار
الفراغ	١	[illegible]	١,٥٤٤
الماء	١,٣٣٣٣	زجاج كراون	١,٥٢
[illegible]	[illegible]	زجاج فلنت	١,٦٦
كحول	١,٣٦١	كوارتز	١,٤٥٨
[illegible]	[illegible]	الماس	٢,٤١٩

جدول (١) معامل انكسار بعض المواد المنفذة للضوء

الجدير بالذكر (حسب المعادلة) أنه عندما يحدث الانعكاس الكلي الداخلي لا يكون هناك فرق بين الشدة الضوئية للأشعة الساقطة عن تلك المنعكسة بعكس الانعكاس المباشر من السطوح المصقولة فإن الأشعة المنعكسة تكون أقل في الشدة من تلك الساقطة. حتى ولو كان السطح العاكس شديد الصقل (اللمعان)، ونجد أن الانعكاس الكلي الداخلي يستخدم في تصنيع الأجهزة الضوئية عالية الدقة وفيها تستبدل المرآة (Mirror) بمنشور (Prism)، ويبين شكل (٢) عمل هذه المناظير في عكس اتجاه الأشعة داخلها حيث لا يوجد فقد في الطاقة أثناء الانعكاس الداخلي ولكن يوجد فقد قليل جداً عند دخول الأشعة إلى الليفة الضوئية وخروجها منها. وهذا لا يغير من الانعكاس الكلي الداخلي الذي هو الفكرة الأساسية لعمل الليفة الضوئية. فعلى سبيل المثال عند سقوط شعاع ضوئي بزاوية تساوي أو أكبر من الزاوية الحرجة فإنه سوف يعاني من الانعكاسات الكلية الداخلية إلى أن يصل إلى الناحية الأخرى، حتى لو كانت هذه الليفة متعرجة. كما هو موضح بشكل (٣). وهذا مهم جداً في استخدام هذه الألياف في التطبيقات المختلفة. وخاصة عندما يراد وضعها في أماكن غير مستقيمة.

● تركيب الألياف الضوئية

تصنع الألياف الضوئية من زجاج يمتاز بدرجة عالية من النقاء بدرجة أنه إذا صنع منه لوحاً مثل زجاج النوافذ سمكه واحد كيلو متر فإنه يظل شفافاً مثل لوح الزجاج العادي.

تتكون كل ليفة من ثلاثة أجزاء شكل (٤)، هي:

● **القلب (Core)**: ويوجد عند مركز الليفة والهدف منه أنه وسط لانتشار وحمل الضوء.

● **الطبقة الدائرية (Concentric Layer)**: وهي عبارة عن قشرة أو كسوة (Cladding) تغلف القلب يبلغ قطرها ١٢٥ ميكرومتر تقريباً وتصنع من زجاج آخر له معامل انكسار أقل من زجاج القلب ليحدث للضوء داخل القلب انعكاساً داخلياً كلياً ليتم نقله من مكان لآخر.

● **الغطاء (Jacket)**: ويحيط بالقشرة أو الكسوة، ويهدف إلى حماية الليفة من الكسر ومن المواد الكيميائية والعوامل البيئية المختلفة.



● شكل (٤) مكونات الليفة الضوئية

وبالرغم من أن معظم الألياف الضوئية تصنع من الزجاج، وخاصة تلك التي تستخدم في الاتصالات بين وحدات متباعدة، إلا أنها يمكن أن تصنع من البلاستيك (Plastic fiber) لأنه أكثر مرونة من الزجاج وأقل تكلفة، ولكن يعاب عليها عدم قدرتها على توصيل الضوء إلى مسافات بعيدة نتيجة لفقد الطاقة الضوئية النسبي خلالها.

تركيب المناظير الضوئية الليفية

تتركب المناظير الضوئية الليفية من حزمتين (Bundles) من الألياف الضوئية الزجاجية أو البلاستيكية، وتحتوي كل حزمة على عدد معين من الألياف المترابطة، حيث تستخدم إحدى هاتين الحزمتين لنقل الضوء إلى العضو المراد رؤيته ومن ثم تشخيصه، أما الأخرى فتستخدم لنقل الصورة.

ويرجع السبب في استخدام حزمة من الألياف بدلاً من ليفة واحدة إلى أن رؤية أي جسم تتطلب تسجيل جميع الأشعة المنعكسة من كل أجزائه، فكلما زاد تسجيل هذه الأشعة كلما زادت جودة ووضوح الصورة. أما إذا مرت هذه الأشعة خلال ليفة واحدة فإنه يحدث لها تداخل وتكون النتيجة عدم رؤية الجسم بصورة واضحة، ولذا يجب استخدام حزمة من الألياف المترابطة تكون كل ليفة مسؤولة عن إمداد شعاع معين يترابط مع الأشعة الأخرى، وبذا تعتمد كفاءة المنظار في توصيل صور جيدة على عدد الألياف الموجودة وعلى قطر كل ليفة ومكان ترابطها، فكلما زاد العدد وقل القطر يمكن أن يصل إلى واحد ميكرومتر زادت جودة ووضوح الصورة.

يزود منظار الليفة الضوئية، شكل (٥)، بقنوات (Channels) تستخدم في توصيل أو خروج الماء والهواء، وأيضاً قناة أخرى للحصول على العينات من العضو لإجراء مزيد من الدراسة على حالته المرضية ومعرفة إن كان يحتوي على خلايا سرطانية من عدمه.

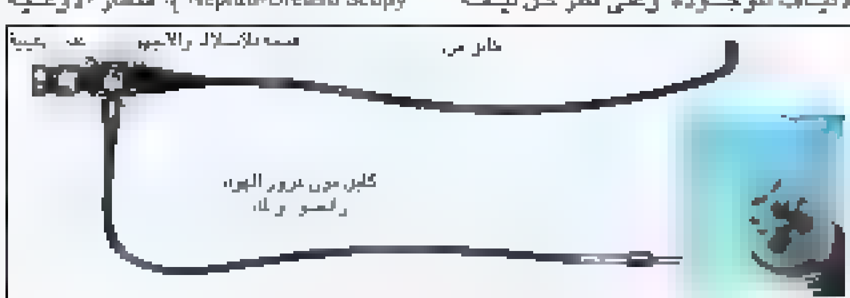
تأتي المصادر الضوئية للمناظير الطبية إما من الهالوجين أو الزينون (Halogen or Xenon Bulb) وتكون تلك المناظير من النوع البارد من حيث درجة الحرارة عن طريق ترشيحها بماصات الأشعة تحت الحمراء.

الجدير بالذكر أنه حدث تطور في المناظير الحديثة فقد تم استبدال الحزمة الليفية للرؤية بشريحة صغيرة لآلة تصوير فيديو (CCD) ترسل الإشارات الدالة على الصورة عن طريق سلك إلى جهاز المراقبة (Monitor) الذي يقوم بدوره بتكبيرها.

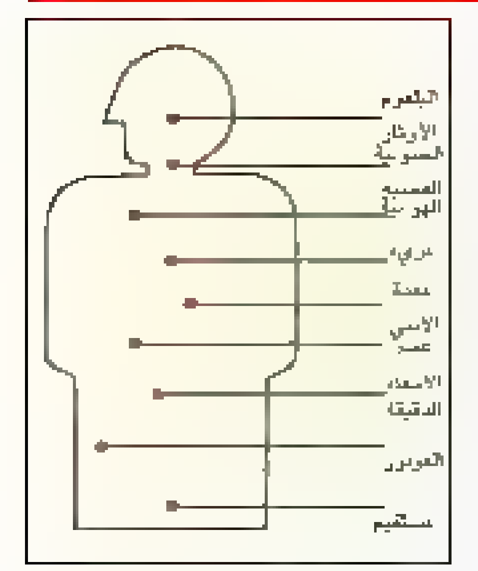
أنواع المناظير الضوئية الليفية

يوجد الآن عدد كبير من المناظير الضوئية المستخدمة في الطب يناسب كل منها عضواً من أعضاء الجسم كما هو موضح في شكل (٦).

إضافة لذلك توجد عدة مناظير ضوئية ليفية أكثر تخصصاً (Subtypes) منها مثلاً منظار مجرى البول حتى الكلية (Nephro-Uretero Scopy)، منظار الأوعية الدموية (Angioscopy) وغيرها، تتراوح أقطارها ما بين ٣ إلى ١٥ مليمتر، وتتميز بأن طرفها (Tip) قابل للحركة عن طريق آليات معينة (أزرار التحكم) توجد في بدايتها.



● شكل (٥) الشكل العام لمنظار من الليفة الضوئية



● شكل (٦) أعضاء جسم الإنسان التي توجد لها مناظير

استخدام المناظير الضوئية في الجراحة

نتيجة للتقدم الهائل في صناعة المناظير الضوئية الليفية فقد كثر استخدامها في أنواع معينة من الجراحات، على سبيل المثال لا الحصر جراحة إزالة البروستاتا عند الرجال، وجراحات الأجهزة التناسلية عند النساء، وإزالة الحويصلة المرارية (Gall Bladder).

يتميز استخدام المناظير الضوئية في الجراحة بفوائد عدة من أهمها:

- قلة مقابل الألم أثناء الجراحة.
- قصر فترة مكوث المريض في المستشفى، وهذا بالطبع ينعكس على تقليل الآلام أثناء وبعد الجراحة.
- أنه في بعض الأحيان لا تحتاج إلى فتحات حتى أنه يمكن إدخالها عن طريق الفتحات الطبيعية في الجسم، وفي هذه الحالة تحتاج فقط إلى مخدر موضعي (Local anaesthesia). أما إذا كانت تحتاج إلى فتحات صغيرة لرؤية الفجوات

اسم المنظار	الغرض من استخدامه
منظار الجهاز الهضمي (Gastroscopy)	فحص المريء والمعدة والأمعاء الدقيقة
منظار القولون (Colonoscopy)	لفحص الأمعاء الغليظة
منظار المثانة (Cystoscopy)	للكشف عن المثانة
منظار الرئة (Bronchoscopy)	للكشف عن مجاري الهواء في الرئة
منظار الحنجرة (Laryngoscopy)	للكشف عن الحنجرة والحبال الصوتية
منظار الأنف (Laparoscopy)	فحص الأنف والتجاويف المتعلقة بها
منظار البطن (Abdominoscopy)	فحص التجويف البطني والأعضاء المجاورة
منظار المفاصل (Thoracoscopy)	لفحص المفاصل مثل مفصل الركبة
منظار الصدر	لفحص التجويف الصدري

جدول (٢) بعض المناظير الضوئية الليفية واستخداماتها

الداخلية (Internal Cavity) فيحتاج المريض إلى التنويم في المستشفى لحاجته إلى المخدر العام. وفي كلتا الحالتين تؤخذ قطع صغيرة من الأنسجة (Biopsy) لكي تجرى عليها الاختبارات والأبحاث المختلفة. ويبين جدول (٢) بعض أنواع المناظير الضوئية الليفية واستخداماتها.

ويبين كيفية عمل المناظير في الجراحة يمكن تفصيل استخدامها في إزالة الحويصلة المرارية (Gall Bladder) باستخدام المنظار البطني (Laparoscope) بالجراحة التي يطلق عليها Laparoscopic cholecystectomy أو الجراحة خلال ثقب (Key hole Surgery) أو الجراحة قليلة التداخل (Minimally invasive surgery).

يبين شكل (٧) مكان الحويصلة المرارية وكيفية اتصالها بكل من الكبد والأمعاء.

الرقيقة والمقارنة

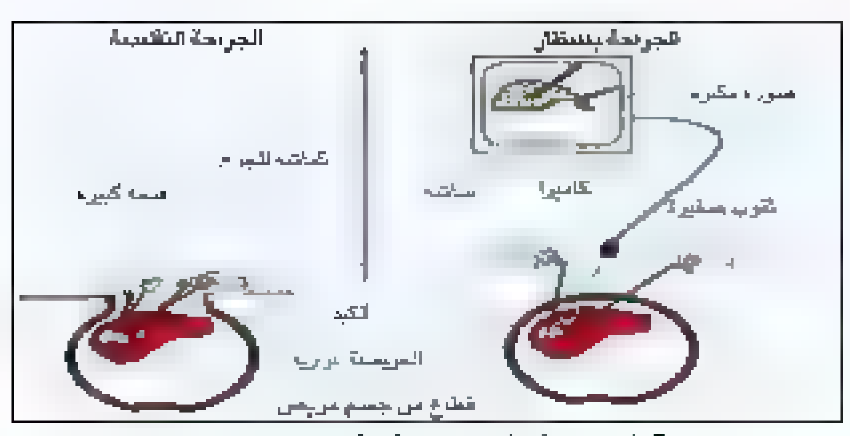
يقوم الجراح عند استخدام الجراحة التقليدية بقطع شق يبلغ طوله من ٢ إلى ٢٥ سم لكي يتمكن من إدخال يده والأدوات المستخدمة والسماح للضوء من مصدر خارجي أن ينير له المكان حتى يستطيع أن يؤدي الجراحة بسهولة. ومن مساوئ هذا القطع الكبير أنه يتبعه فقد في الدم بالإضافة إلى كثير من الألم وعدم القدرة على الأكل والراحة بعد الجراحة، بالإضافة إلى طول فترة البقاء في المستشفى. أما عند استخدام المنظار البطني المزود بـ قبضة كاميرا الفيديو (Chip - Based Video Camera CCD) فيمكن إجراء هذه الجراحة عن طريق ثلاثة ثقوب ويبين شكل (٨) مقارنة بين الجراحة بالطرق العادية وجراحة المنظار.

تُجرى ثقوب التي قطرها ١ سم خلال الفتحة الموضحة بالشكل. ويتم إرسال الضوء من مصدر شديد الإضاءة عن طريق حزمة الألياف الضوئية (مصدر هالوجين أو زينون) لتلتقط الصورة وتكبر على شاشة المراقبة بواسطة شريحة الكاميرا، ثم يقوم الجراح بعد ذلك بعمل ثقب على الجانبين لإدخال الأدوات التي عن طريقها يقوم باستئصال الحويصلة المرارية وسحبها إلى الخارج من قبل. ويستخدم أن يستخدم هذه الجراحة سيؤدي إلى فقد المريض قليلاً من الدم وحساسية ألم بسيطة. كما أنه يستطيع مزاولة نشاطه العادي بعد أسبوع من الجراحة.

الجدير بالذكر أن جراحة المناظير تحتاج إلى مهارة خاصة من الجراح وليست صالحة لكل الحالات. فمثلاً في حالة استئصال الحويصلة المرارية يجب التأكد من أن الحصوات لم تتسرب إلى أنبوب الصفراء (Bile Duct) إذ لا بد من الجراحة التقليدية في حالة إزالتها. أيضاً يجب أن يكون الجراح مستعداً لعمل الجراحة التقليدية في حالة عدم وضوح الرؤية نتيجة وجود اندفاع من الدم أو السوائل التي تحجب الرؤية أو حدوث أي مشاكل أخرى.

المراجع

1. J. Kane & M. Sternheim, Physics, John Wiley & Sons, 1984
2. R. Serway, physics for Scientists and Engineers, Saunders College Pub, 1990.
3. J.Hecht, City of Light: The story of fiber optics, Oxford: Oxford Uni. Press, New York, 1999
4. J. Hayes, Fiber Optics Technician's Handbook, Delmar Publishers, Albany, New York, 2001
5. http://www. Endoscopy.htm



● شكل (٨) مقارنة بين الجراحة التقليدية وجراحة المنظار



● شكل (٧) موضع الكبد والحويصلة المرارية من جسم الإنسان



أ.د. عبدالستار محمد سلام

يعد اختراع المجهر - مايكروسكوب (Microscope) - من أهم إنجازات العصر الحديث التي ساهمت في تطور العلوم وكان له تأثير عظيم في علوم الحياة والطب والصناعة. فقد ساهم في أهم الاكتشافات التي أدت إلى زيادة المعرفة حول أسرار تركيب وعمل الخلية ومكونات الخلية، كما ساعد إلى حد كبير في التشخيص السليم للأمراض مما ساعد على وصف العلاج الناجع، كما لا يخفى دوره الكبير في الكشف عن أسرار عالم الكائنات والمكونات الداخلية في علوم الحياة.

ويستعرض هنا المقال تاريخ المجهر وتطوره ومزاياه وأنواعه المختلفة، وكيفية الإبصار والملامح الرئيسية للمجاهر المختلفة وآلية عمل بعض أنواعها المختلفة.

تاريخ المجهر

شهد القرن الثاني قبل الميلاد بداية معرفة الإنسان للمجهر حيث قام بطليموس الفلكي (Claudius Ptolemy) فلكي شهير من الإسكندرية، بوصف انحناء عصا تحت الماء، وقياس زاوية انكسار الضوء عند اختراقه لها وبالتالي أمكنه حساب معامل انكسار الماء. تلا ذلك في القرن الأول بعد الميلاد قيام سينيكا (Seneca) بوصف تكبير الأشياء بواسطة كرة من الماء، حيث قام بقراءة النص التالي: "الحروف الصغيرة غير الواضحة تبدو رؤيتها مكبرة وأكثر وضوحاً خلال كرة من الزجاج مملوءة بالماء". وفي الفترة من ٩٦٢م إلى ١٠٣٨م قام العالم العربي الهازن (Alhazen) بكتابة أول عمل رئيسي يعد مرجعية علمية في الضوء، حيث ناقش ليس فقط أساسيات الضوء بل قام بوصف تشريح العين وكيف أن عدسة العين تقوم بتجميع الضوء على الشبكية.

وفي عام ١٢٦٧م قام باكون (Bacon) بكتابة وصف محدد للتكبير البسيط ذاكراً "الأشياء الكبيرة يمكن أن تكون مرئية بالعين وإذا كانت الحروف بالكتاب أو أي أجسام دقيقة يمكن النظر إليها من خلال قطعة صغيرة من كرة زجاجية أو بلورية كي تظهر مكبرة وأكثر تحديداً".

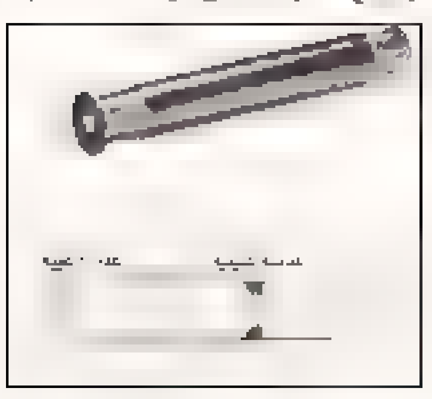
ويمكن القول أن هذه الجهود قد أعطت لمحات عن المعرفة الضوئية والرؤية في الماضي لكن لم تكن معروفة لأن هذه الاصطلاحات كانت محصورة بين العلماء والفلاسفة حتى تم اختراع النظارة (العوينات) فيما بين ١٢٥٥م إلى ١٢٨٠م في مدينة فلورنسا بإيطاليا. وليس معروفاً على وجه التحديد من كان وراء اختراع النظارة ولكنها انتشرت وشاع استخدامها في هذه المدينة في فترة وجيزة.

وبانتشار العوينات وخواصها التكبيرية بدأت دراسة علم البصريات والتعمق فيه أكاديمياً وبحثياً وقد ساهم ذلك في قيام البصريين الألمان بصناعة المقراب (تلسكوب Telescope) من عدة عدسات. ثم بدأ التفكير في عمل المجهر وذلك بطريقة عكس عمل المقراب.

وهناك خطأ كبير في المعلومات حول مخترع المجهر، حيث تذكر بعض المراجع الأمريكية المحترمة بأن جاليليو (Galileo) اخترع المجهر بعد اختراعه للمقراب. لكن هذا غير صحيح لأن جاليليو لم يصنع أول مقراب له قبل حوالي عام ١٦٠٧م.

كذلك يظن كثير من الناس أن ليوينهوك (Leeuwenhoek) هو أول من اخترع المجهر، وهذا أيضاً غير صحيح، لأن مجهر ليوينهوك كان بسيطاً جداً، وغير نقي لصناعته من مواد خام، وتم تصنيعه بعد وقت طويل من صنع نماذج تم تداولها واستخدامها في اكتشافات هامة مثل مجهر مالبيجي (Malpighi) والمجهر المركب (Compound microscope) الذي تم صنعه بواسطة هوك (Hooke) ١٦٦٥م.

وربما يرجع الفضل الأول لاختراع المجهر إلى العالم الهولندي يانسن (Jansen) عام ١٥٩٥م الذي قام بتصنيع وإنتاج مجهر تطابق مواصفاته المجهر

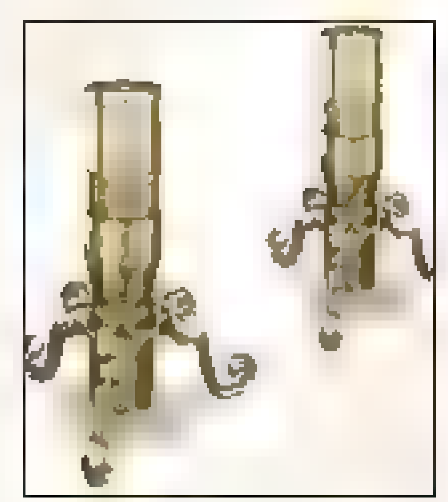


● مجهر يانسن

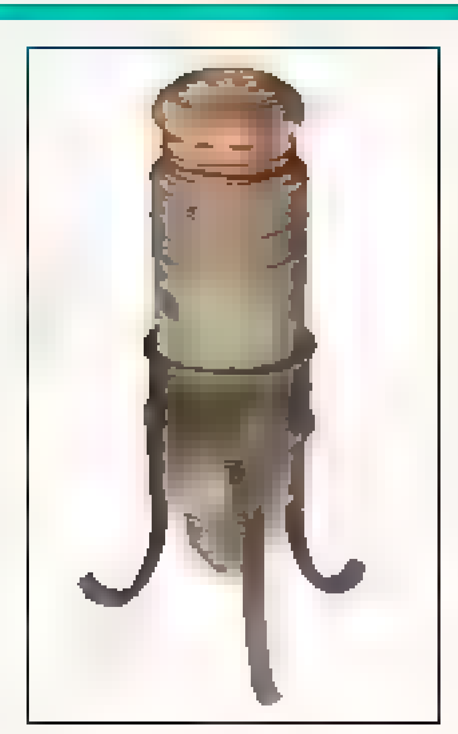
موجود الآن محفوظاً في متحف مدينة ميدل برج Middleburg بهولندا.

قام يانسين بإرسال نسخة من المجهر إلى الأمير موريس (Prince Morice of Orange) ونسخة أخرى إلى الأمير أرشيدوق النمسا (Archduke Albert of Austria) وتم حفظ تلك النسخة حتى أوائل القرن السابع عشر ١٦٠٠م عندما قام الهولندي الألماني دريبل (Drebbel) بفحص المجهر وإعادة تصميمه في شكل منمق يليق باستخدام الملكي حيث تم تصميمه من ثلاث إسطوانات نحاسية منزلقة بالخارج بعضها يبلغ طولها عندما تكون تامة الفتح حوالي ٤٥ سم وقطر ٥ سم ويحتوي المجهر على عدستين محدبتين من الجانبين وله قوة تكبير تتراوح بين ثلاث وتسع أضعاف.

بعد إختراع يانسين وخلال عدة سنوات كان هناك العديد من صانعي المجاهر عبر أوربا ومن رواد مستخدميها حيث كان على رأسهم جاليليو (Galileo) ورغم أنه كان في ذلك الوقت ينظر إلى المجهر في المدارس على أنه لعبة متطورة خلال القرن السابع عشر إلا أنه كان أداة هامة في النشاط العلمي آنذاك حيث تم نشر عدة أوراق علمية عن المشاهدات خلال المجهر أهمها ورقتان علميتان عامي ١٦٦٠م و١٦٦٥م حيث تمكن مالبيجي (Malpighi) في الورقة الأولى من إثبات نظريات هارفي (Harbey) عن الدورة الدموية، بينما تؤيد في الثانية كتاب Hooke المسمى (Micrographia).



مجهر جاليليو



مجهر مالبيجي

شهد عام ١٦٦٥م قيام روبرت هوك (Robert Hooke) (١٦٣٥م إلى ١٧٠٣م) بتصميم مجهر مركب مكون من عدة عدسات مع مجموعة للإضاءة ونظام الشعيرات وبعد هذا المجهر انذاك الأحسن فبواسطته استطاع مشاهدة وفحص الحشرات وريش الطيور ورسم مشاهداته ونشرها في كتاب (Micrographia).

الجدير بالذكر أن هوك لحق حوالي ٣ جيله استرليني على تطوير مجهره ميكروسكوب حتى وصل إلى إمكانية فحص شريحة الخلايا النباتية رجحت أنها وقد تزامنت عمليات تطوير هوك مجهره مع رسالة ليوينهوك عام ١٦٧٨م إلى الجمعية الملكية بتقرير إكتشافاته المتمثلة في رؤيته لكائنات صغيرة "بكتيريا وبروتوزوا" بواسطة منظاره.

قام هوك بتأكيد مشاهدات ليوينهوك بالمجهر المركب بنجاح وقال "إن المجهر البسيط الذي إستخدمه ليوينهوك أعطى صورة واضحة عن مجهره المركب ولكنه صعب الاستخدام رأي المجهر البسيط لأنه يضعف الأبصار" ذاكراً أنه ضار بعينيه.

كان للتقدم في نظريات الضوء فيما بعد الأثر الكبير في التغلب على مشاكل تكوين الصورة في المجاهر وخواصها من تباين (Contrast) وتكبير (Magnification) وتشوه اللون والكروي (Spherical and monochromatic aberrations).

قام روس، سمبركا Ross, Chess عام ١٨٤٠م بتصميم عدسات شيئية متغيرة التكبير (الموجهة للشيء أو الجسم المراد رؤيته) للتغلب على التشوهات وللتغلب على تلك المشاكل أمكن في الوقت الحالي وضع العدسة الواحدة في شكل مجموعة من العدسات.

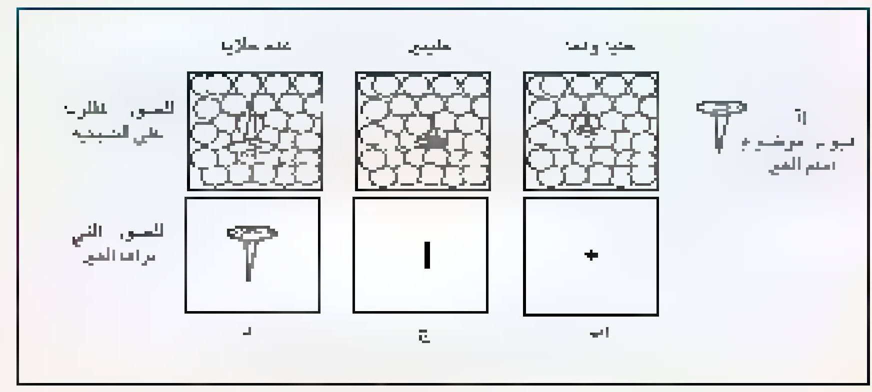
الجدير بالذكر أن المجهر المركب التقليدي المستخدم الآن لم يختلف في فكرته عن مجهر هوك اللهم إلا في الشكل الجمالي والصناعة الدقيقة بالإضافة إلى التطور العلمي في تلافي عيوب العدسات والصورة ومجموعة الإضاءة وتقنية الصورة والتكبير وسهولة الاستخدام مما جعل استخدام المجهر في الوقت الحالي في المعامل الدراسية والبحوث ومعامل علم الأمراض شائعاً مثل إستخدام جهاز قياس درجة الحرارة الطبي في العيادة.

حدة الإبصار والرؤية عند الإنسان

تتكون شبكية العين من عدة طبقات من الخلايا أولها خلايا مستقبلات الضوء Photoreceptor Cells مهمتها استقبال الضوء وتأتي بعض هذه الخلايا على شكل قضبان (rods) مسؤولة عن الرؤية أي الأبيض والأسود والبعض الآخر على شكل مخاريط (Cones) مسؤولة عن الرؤية الملونة ويبلغ قطر هذه الخلايا في المتوسط حوالي ٥ ميكرومتر وعندما



مجهر هوك

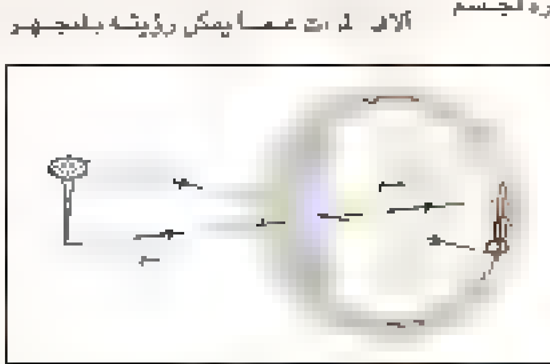


● شكل (١) صورة جسم دبوس على خلايا الشبكية

تكون الصورة المتكونة على الشبكية بهدف القرب من العصر فإنها سوف تقع على خلية واحدة وتصدر إشارة كهربية إلى المخ من خلية واحدة فترى الجسم على شكل نقطة دون أي تفاصيل. أما إذا وقعت الصورة على أكثر من خلية فإن الإشارات المتعددة التي تصل إلى المخ من الخلايا المختلفة تتسبب في رؤية تفصيل أكثر للجسم وهكذا.

ويوضح شكل (١) جسم على شكل دبوس (أ) موضوع أمام العين على مسافة ما. ونفرض تكون صورة له تقع على خلية واحدة من الشبكية (الصورة ب) فإن العين سوف تراه على شكل نقطة دون أي تفاصيل. وإذا تم تقريب الدبوس من العين بحيث تكون له صورة أكبر على الشبكية (صورة ج) فإن العين سوف تراه بدون تفاصيل محددة، أما إذا كانت الصورة مغطاة بعدد كبير من الخلايا فإن العين سوف ترى الجسم بكل تفاصيله كما في الصورة (د).

ومن الناحية العملية يبلغ قطر عين الإنسان البالغ السليم حوالي ٢ سم، ولكي تتكون على شبكية العين صورة لجسم تغطي خلية واحدة قطرها ٥ ميكرون فإن الجسم الموضوع على بعد متر واحد من العين يجب أن يكون طوله حسب حساب المثلثات شكل (٢) ربع ملليمتر وبالتالي فلن تراه العين إلا نقطة غير واضحة. ولكي تراه العين فإنه إما أن يقترب الجسم من العين حتى



● شكل (٢) تكون الصورة على شبكية العين

تتكون له صورة مكبرة، ولكن غالباً ما يكون ذلك غير مرغوب فيه لأنه مع مرور الوقت سيحدث إجهاد للعين مما يؤدي إلى ضعف بعضها والعضلات. أما الطريقة الأخرى لرؤية الجسم بتفاصيله هو تكبير الجسم نفسه دون تقريبه من العين، وهذا هو عمل المجهر البسيط للرؤية المباشرة والمجهر المركب للحصول على تسجيل فوتوغرافي.

وحسب قوانين الضوء لا يمكن رؤية جسم دقيق طوله أصغر من طول موجة الضوء المستخدم أو المنعكس من الجسم، أي أن التكبير ليس هو العامل الأساسي في الرؤية، ولكن الطول الموجي للضوء المستخدم في المجهر عامل أهم ... لذلك تطور المجهر من الضوئي إلى ضوء الأشعة فوق البنفسجية ثم المجهر الإلكتروني، أي أن قوة الفصل للمجهر (Resolving power-RP) تتناسب عكسياً مع طول موجة الضوء المستخدم في المجهر الإلكتروني.

لذلك فإن المجهر الإلكتروني يمكنه فصل نقطتين بوضوح المسافة بينهما أقل آلاف المرات عما يمكن رؤيته بالمجهر التقليدي الضوئي وذلك بالمقارنة بين أطوال الموجات المستخدمة.

أنـــــواع المجاهـــــر

تختلف المجاهر بحسب الاختلاف التقنية المستخدمة فيها ومنها ما يلي:

● المجهر الضوئي التقليدي

يمكن باستخدام المجهر الضوئي التقليدي (Conventional light microscope) تكبير متغير عن طريق تغيير قوة العدسة العينية أو العدسة الشيئية أو كليهما. ويحدد التكبير الذي يمكن الحصول عليه بالطول الموجي للضوء المرئي المستخدم (٤ إلى ٧ ميكرون)، وهذا يعني أن أصغر جسم يمكن رؤيته بوضوح يكون في حدود ثلاثة أرباع الميكرومتر تقريباً. أما الأجسام الأصغر من ذلك فلا يمكن رؤية تفاصيلها مهما تم تكبيرها بهذا المجهر.

وحيث أن قطر خلايا الجسم تتراوح بين ٥ إلى ٥ ميكرومتر فإن هذا المجهر مناسب لرؤية وإيضاح الخلايا وربما تحديد بعض التراكيب الخلوية.

ومن عيوب هذا المجهر أنه إذا وضعت شريحة رقيقة من نسيج تحته فإنه لا يمكن رؤية كثيراً من التفاصيل لأن معظم الخلايا شفافة ونفاذة لكل موجات الضوء المرئي مما يؤدي إلى ضعف أو عدم التباين "Contrast" بين الخلايا إلا في حالة خلية الدم الحمراء.

وللمقارنة بين الخلايا يجب زيادة التباين بصبغ الخلايا بمواد كيميائية تعمل على امتصاص أطوال موجات معينة من الضوء المرئي ذات أطوال موجات محددة، كما تستخدم هذه الصبغات لصبغ محتويات معينة من الخلية، وذلك للتعرف على التراكيب الدقيقة.

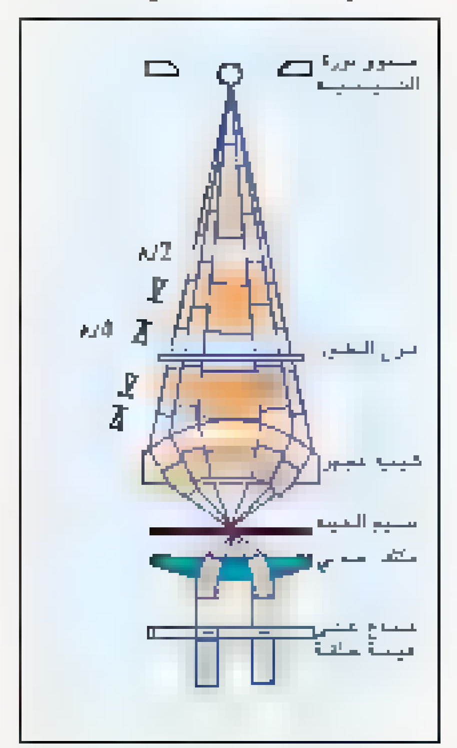
● مجهر طور التباين

يرجع الفضل بعد الله في تصميم مجهر طور التباين إلى العالم الهولندي فرتس زيرنك (Frits Zernike) الذي نجح عام ١٩٣٥م في اختراع طريقة يمكن بواسطتها تحويل التغير في طور الأشعة

نتيجة مرورها في أوساط غير متجانسة شفافة مثل الموجودة في الخلايا إلى معبر في شدتها وبذا يمكن رؤيتها بالعين وقد أدى هذا الاكتشاف لاستحقاق زيرنك عليه جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٥٣م إلى معرفة الكثير من أسرار الخلايا الحية.

يؤدي حدوث معاملات انكسار الضوء بالنسبة للمكونات المختلفة للخلية إلى انتقال الضوء بسرعات مختلفة داخل أجزاء الخلية وبالتالي سيكون هناك اختلاف في طور موجات الضوء (phase changes) خلال الخلية عليه فقد أدت هذه الظاهرة إلى التفكير في صناعة ما يسمى مجهر طور التباين (phase contrast microscope) الذي أمكن بواسطته رؤية تفاصيل ومكونات الخلية دون صبغها. ولكن من عيوبها أنها تتسبب في كثير من الأحيان في تغيير كثير من خواص الخلية الحية بالصبغة وتؤدي في النهاية إلى بعض المشاهدات الكاذبة خاصة في القياسات الكمية.

يبين شكل (٣) مسار الأشعة داخل مجهر طور التباين وهو يختلف عن المجهر الضوئي بأنه مزود بقناع على هيئة حلقة يوضع قبل المكثف الضوئي العرضي الأساسي منه يحدث تغير في طور الأشعة



● شكل (٣) مسار الأشعة بداخل مجهر طور التباين

● شكل (٤) مكونات الأنواع المختلفة من المجهر الوامض

الساقطة على العينة والتي تم بثها بعد مرورها بها نتيجة تراكيبها المختلفة. وعند مرور هذه الأشعة النافذة من العينة على نوع الطور يحدث بها تداخل مكون بعض منه بناء والآخر هدام وبذلك يحدث تباين في العينة يمكن رؤية تراكيبها المختلفة.

● المجهر الوامض

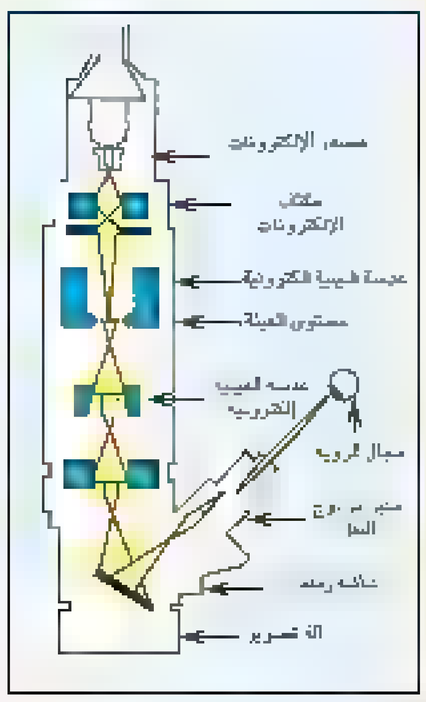
يستخدم المجهر الوامض (Fluorescent microscope) الأشعة فوق البنفسجية حيث تصبغ العينة المراد رؤيتها بمادة بها خاصية الوميض عندما تتعرض للأشعة فوق البنفسجية. وبعد هذه الصبغات نافعة في تمييز أنواع الخلايا وتراكيبها المختلفة لأنها تمتص بدرجات متفاوتة وتشع ألوانا مختلفة بشدات مختلفة حسب التركيب ونوع الخلية. وغالبا ما تسمى الخلايا باسم الصبغة التي تتعرف عليها وتحددها، فعلى سبيل المثال فإن أحد أنواع خلايا الدم البيضاء أيل يوزين (eosinophil) لأنها تمتص صبغة الأيوزين (eosin) وهي صبغة وامضة.

وبتصوير الأنسجة بالمجهر الوامض تصبغ الأنسجة داخل جسم الإنسان الحي بصبغات غير ضارة، على سبيل المثال من المعلوم أنه عندما يتناول مريض المضاد الحيوي تتراسيكلين فإن جزءا منه يتحد مع العظام النامية. عليه فعند وضع عينة من العظام تحت مجهر الوامض فإن مناطق النامية دون غيرها سوف تعطي وميضا أصفر أو برتقاليا. وهذا مفيد للتشخيص والعلاج. ويوضح شكل (٤) مكونات أنواع مختلفة من المجهر الوامض.

● المجهر الإلكتروني

في عام ١٩٢٤م اكتشف دي بروجلي (De Broglie) الطبيعة الموجية للإلكترونات مما يعني أنه بالإضافة إلى أن الإلكترون له كتلة فإن له أيضا خواص الموجات وبالتالي نستنتج أنه كلما زادت سرعة الإلكترون انخفض طوله الموجي. بناء على هذا الاكتشاف تم تصميم أول مجهر إلكتروني عام ١٩٣٢م يعمل بالأشعة السينية منخفضة الطاقة بواسطة العالمين م. نول (M. Knoll) وروسكا (E. Ruska) من الجامعة التكنولوجية ببرلين.

وحيث أن هذه الأشعة تمتص بشدة بالعناصر الثقيلة فإن الصورة الناتجة عن تعرض فلم حساس خلف ومجاور للنسيج المراد تصويره بالأشعة مذكورة سوف تحتوي على تفاصيل دقيقة حسب نوعية



● شكل (٥) مسار الشعاع الإلكتروني في المجهر النافذ

وكمية العنصر الثقيل مثل الرصاص في الأنسجة المختلفة من الجسم والكالسيوم في العظام وهكذا.

ومع تطور نظريات وتقنيات الفيزياء وصناعة أجهزة وأدوات ذات حساسية ودقة عالية تم التوصل إلى إمكانية تجميع حزمة الإلكترونات في بؤرة بواسطة عدسات الكترونية وعدسات مغناطيسية على غرار ما تقوم به العدسة الزجاجية أو البلورة لأشعة الضوء. ومن ثم أمكن صناعة المجهر الإلكتروني Electron microscope الذي أحدث طفرة وتقدم سريع في مناحي الحياة المختلفة. فعلى سبيل المثال تصل قوة تكبير الأنواع المتطورة من المجهر الإلكتروني إلى ٢٥٠ ألف مرة أو أكثر وقوة فصل تصل إلى طول جزئي البروتين، وفي بعض الأحيان القطر الجزيئي. وقد أمكن ليس فقط رؤية تفاصيل وتراكيب دقيقة بل أمكن التوصل إلى أن الثقوب والقنوات وانتقال الأيونات عبر غشاء الخلية أمكن التوصل إليه وبالتالي معرفة آلية عمله. وبمقارنته بعشر قوة تكبير المجهر الضوئي إلى ألف مرة فقط يمكن بواسطته رؤية جسم طوله حوالي ثلاثة أرباع الميكرومتر كالبكتريا مثلاً.

الجدير بالذكر أن أول استخدام للمجهر الإلكتروني تم بتصوير عينة بيولوجية لفيروس الدخان عام ١٩٤٥م في الولايات المتحدة الأمريكية. ومنذ ذلك الحين تعددت استخدامات المجاهر الإلكترونية وتطورت في قدرتها على التكبير بواسطة زيادة سرعة الإلكترونات أي زيادة طاقتها بواسطة الجهد الكهربي والذي وصلت قيمته الآن إلى أكثر من ثلاثة ملايين فولت.

تنقسم المجاهر الإلكترونية إلى قسمين رئيسيين هما:

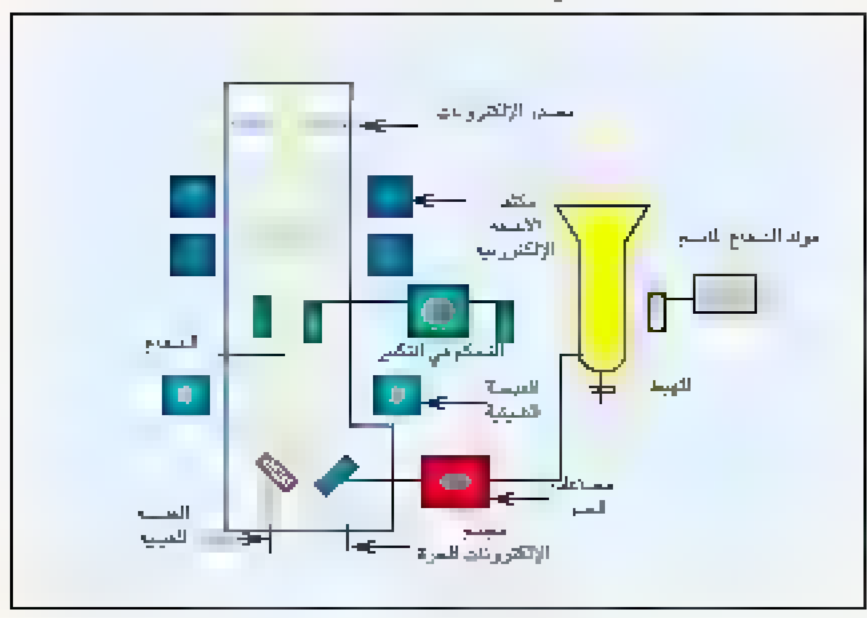
● **المجهر الإلكتروني النافذ TEM:** ويعمل كما هو موضح بالشكل (٥) عن طريق تفريغ الهواء تماماً من الأنبوب وتتولد الإلكترونات عن طريق فتيل مصنوع من التنجستن على شكل قلم. تتسارع هذه الإلكترونات بواسطة الجهد الكبير الذي يوضع على المصعد والذي بزيادته يقل الطول الموجي للإلكترونات ومن ثم تزيد قوة التحديد أو الفصل Resolving Power والتي تصل الآن في المجاهر التي يطلق عليها مجاهر الجهد الفائقة من ٠,٣ إلى ٠,٢ نانو متر (٢×١٠^{-١٠} م)، أي أن التكبير يمكن أن يصل إلى ٢ مليون مرة.

تخرج الإلكترونات السريعة من المصعد عن طريق فتحة صغيرة جداً (وبذلك تماثل الأشعة الضوئية في المجهر الضوئي)، بعد ذلك يركز الشعاع الإلكتروني عن طريق



● مجهر الجهد الفائق

مكثف الذي يمر في العينة ويخرج منها منحرفاً، ويعتمد هذا الانحراف على كثافة الإلكترونات في العينة التي تزيد بزيادة كتل الذرات المكونة لها. وكلما زادت هذه الانحرافات زاد تباين تركيبات العينة. وحيث أن العينات البيولوجية مكونة من ذرات الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين، الكربون قليلة الكثافة الإلكترونية فإن تباين الصورة ووضوحها



● شكل (٦) مسار الشعاع الإلكتروني في المجهر الماسح

بهذه العصابات [illegible] وبالتالي يجب معاملة العينات البيولوجية أثناء التحضير بإضافة مواد كيميائية (مثبتات) لزيادة التباين بالإضافة إلى أن العينات يجب أن تكون ذات سمك قليل لا يزيد عن ١ ميكرومتر. بعد مرور الإلكترونات من العينة فإنها تجمع بواسطة العدسة الشيئية الإلكترونية وبالتالي تكون لها صورة تكبر بواسطة نظام من العدسات تسمى العدسة العينية للصورة حيث يتم رؤيته بالعين عن طريق سقوط الإلكترونات على شاشة وماضة أو تصور بواسطة آلة تصوير.

• المجهر الإلكتروني الماسح SEM
ويعمل حسب ما هو موضح بالشكل (٦) بنفس مبدأ عمل المجهر الإلكتروني النافذ ولكن يختلف مسار الشعاع فيه ويستخدم فقط في دراسة الأسطح الموصلة. أما في حالة العينات البيولوجية لكي تصبح موصلة فإنها تغطى بطبقة رقيقة من الفلز الذهب. ورغم أن قوة التكبير لهذا المجهر تكون قليلة مقارنة بالمجهر النافذ إلا أنها تمتاز عنه بزيادة عمق الوضوح.

تتكون الصورة بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح عن طريق يقوم بمسح [illegible] سطح العينة بواسطة الشعاع الإلكتروني وفي هذه الحالة تنطلق من العينة إلكترونات [illegible] سطح العينة [illegible] سقوط الشعاع الإلكتروني التي [illegible] بواسطة [illegible] الصورة التي تظهر على الشاشة الوماضة.

المراجع

1.Griffith, O. H., G. B. Birrell: Photo electron Microscopy Trends in Biochem Sci [illegible]

2.Hearle, J. W. S., J.T. Sparrow &P. M. Cross: The use of Scanning electron Microscope. Oxford: Pergamon Press [illegible]

3.Tanaka, K.:Scanning electron Micros copy [illegible] Structures. [illegible] Res [illegible]

جدل حول مضار الجوال

لا يزال الجدل محتدماً حول مضار الهاتف الخلوي [illegible] المعروف بالجوال حيث أشارت دراسة حديثة على حيوانات التجارب أن استخدامه لفترة طويلة لا يسبب السرطان، بينما أشارت دراسة أخرى إلى أن استخدامه قد يضر بالإنسان بطرق أخرى.

ومع تزايد استخدام الجوال يدور الجدل حول مخاطره الصحية، وخاصة على المخ بسبب طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية الصادرة عنه. وبالرغم من تأكيد البحوث على خطورة التعرض لكميات كبيرة من الطاقة الناتجة عنه على حيوانات التجارب إلا أن العلماء غير متأكدين أن يكون لتلك الطاقة أثر معنوي على الإنسان.

وفي خطوة للإجابة على مدى خطورة الجوال على الإنسان قام باحثون من جامعة واشنطن للطب في سانت لويس بإخضاع مجموعتين من الفئران لنوعين من الأشعة الكهرومغناطيسية تختلفان في الطول الموجي ولكنهما تمثلان المقادير التي تصدر عادة من الجوال.

ويذكر جوزيف روتي روتي (Joseph Roti Roti) رئيس فريق البحث [illegible] حجرات مجاورة لهوائيات راديوية مختلفة [illegible] ساعات يومياً ولمدة سنتين [illegible] مجموعة الفئران [illegible] كهرومغناطيسية تساوي في طولها الموجي الإشعاع الصادر من الهاتف الخلوي الرقمي والثلث الثاني موجات تساوي ما يصدر عن الهاتف الخلوي القياسي (العادي)، أما الثلث الأخير فلم يتعرض لأي موجات كهرومغناطيسية.

ثم البحث في نهاية التجربة بفحص تلك الحيوانات لمعرفة وجود السرطان في المخ والأنسجة الأخرى [illegible] حيث لم يتضح لهم وجود اختلاف معنوي بين الفئات الثلاث من حيث تفشي السرطان. ويخلص روتي روتي إلى تبرئة الجوال من السرطان، وأن خطورته قد تنحصر في استخدامه أثناء قيادة السيارة.

ويختلف علماء آخرون مع ما توصل إليه روتي روتي مشيرين إلى أن الأطوال الموجية المستخدمة في تجربته قد لا تكون مستخدمة في أغلب الهواتف الخلوية المستخدمة في العالم، حيث يعلق روس أدي (W.Ross Adey) من جامعة [illegible] في كاليفورنيا [illegible] قد يصدق على الولايات المتحدة حيث تكثر الهواتف منخفضة الطاقة على عكس الهواتف المستخدمة في دول أخرى، التي تبث إشعاعات يمكنها أن تنفذ إلى أعماق الأنسجة.

ومن جانب آخر أشارت تجربة أخرى في فنلندا إلى تأثير الجوال على الخلايا، حيث قام فريق بحثي بقيادة داريوز ليزيكزنسكي (Dariusz leszczynski) من وكالة الحماية من الإشعاع والذرة في هلسنكي بزراعة ٤٥٠ مورثة بشرية بالمختبر في وجود طاقة تساوي طاقة الإشعاعات الصادرة عن الجوال لمدة ٤٨ ساعة.

أظهرت الدراسة أن المورثات التي تعرضت [illegible] الجوال [illegible] الطبيعي، كما حدث تغير في كمية البروتينات الناتجة عن تلك المورثات. ويعلق ليزيكزنسكي أن النتائج الأولية تشير إلى أن بعض المورثات المذكورة تتحكم في انقسام الخلية واستجابتها للإجهاد [illegible] على الصحة [illegible] ليزيكزنسكي إلى [illegible] الجوال [illegible] الدموية في المخ التي أشارت إليها دراسات سابقة حيث اتضح من الدراسة [illegible] زيادة بروتين يدعى بروتين الصدمة الحرارية ٢٧ (heat shock protein) عند استخدام الجوال. ونجم زيادة هذا البروتين على زيادة ألياف الإجهاد (stress fibers) التي بدورها تشوه خلايا جدران الأوعية الدموية، وبالتالي زيادة نفاذية هذه الأوعية.

ويعلق آلان بريس (Alan Preece) من جامعة بريستول بإنجلترا أن عمل ليزيكزنسكي مهم للغاية إذا أعيدت التجربة على جسم الإنسان، حيث من الجائز جداً أن يكون للجوال [illegible] عليه.

المصدر
Science News,Vol 161. No 26,
June 29,2002, P 404



الأشعة من حولنا

عرض: أ.د. يوسف حسن يوسف

قام بتأليف كتاب «الأشعة من حولنا» الأستاذ الدكتور محمد فاروق أحمد وهو الكتاب الثالث من سلسلة كتيبات التوعية العلمية التي تصدرها الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. صدر الكتاب عام ١٤٢٢هـ - ٢٠٠٢م ويتناول من خلال فصوله الخمسة ـ جاء في ٩٢ صفحة من القطع المتوسط ـ أنواع الأشعة من حيث مصادرها وكيفية تولد شرائحها المختلفة وتأثيراتها والوقاية من مخاطر أنواعها المختلفة.

استهل مؤلف الفصل الأول من الكتاب بمقدمة تاريخية عن الأشعة الكهرومغناطيسية مستعرضاً الاكتشافات التي تمت خلال القرن التاسع عشر بواسطة **مايكل فاراداي** و **جيمس ماكسويل** و **هنريك هيرتز** والتي تمخض عنها ولوج عصر الاتصالات اللاسلكية وما تبعهما من استخدام النظم اللاسلكية مثل الراديو والرادار والتلفاز. بعد ذلك يستعرض الكاتب خصائص الموجات الكهرومغناطيسية (الفوتونات) مشيراً إلى أنها عبارة عن مجال كهربائي متعامد مع مجال مغناطيسي متغيران بتغير الزمن وتتوضع بين قيمة موجبة قصوى يطلق عليها القمة مروراً على الصفر إلى قيمة سالبة قصوى تدعى القاع. ويكون اتجاه انتشار الموجة من نقطة توليدها دائماً عمودياً على المستويات الواصلة بين قمم الموجات أو قيعانها وخط الانتشار بحيث تصل الموجتان إلى القمة أو القاع معاً.

ويواصل الكاتب شرحه للموجات الكهرومغناطيسية مشيراً إلى أن المسافة بين قمتي الموجة أو قاعيها يطلق عليها طول الموجة (λ)، أما عدد موجات الاهتزازات في الثانية الواحدة فيطلق عليه تردد الموجة (f)، وله وحدة تسمى الهيرتز تخليداً للعالم **هيرتز**. كما أن طول الموجة وترددها يرتبطان بسرعة الضوء في الفراغ (C) بالمعادلة $C = \lambda f$

ويتواصل شرح الموجات الكهرومغناطيسية من أطوالها التي تتراوح بين أكثر من ألف كيلومتر في الثانية للموجات منخفضة الطاقة إلى حوالي 6×10^{-9} متر في الثانية للموجات عالية الطاقة مثل أشعة جاما. حيث ترتبط الطاقة الكهرومغناطيسية بعلاقة خطية مع تردد الموجة في $E = hf$

حيث h ثابت بلانك (٦٫٦٣ × ١٠^-٣٤ جول ثانية)

عليه فإن الطاقة الصادرة عن موجة تزيد مع زيادة التردد. كذلك فإن زخم الموجة الكهرومغناطيسية برمز Momentum يساوي طاقة الموجة مقسومة على سرعة الضوء، وبالتالي فإنه عند سقوط الضوء على سطح ما فإنه يقع على السطح ضغط يسهل حسابه.

ويسترسل الكاتب في شرح كيفية توليد بعض الموجات الكهرومغناطيسية في الهوائيات بواسطة التيار الكهربائي المتردد مشيراً إلى أن هناك أنواعاً متعددة من الهوائيات تختلف باختلاف مصادر الذبذبات الكهربائية وأطوالها، وحسب الأغراض المستخدمة من أجلها. حيث منها ما يبث موجاته في جميع الاتجاهات أو اتجاه معين (رأسي أو عمودي).

تناول **الفصل الثاني** شرائح الأشعة الكهرومغناطيسية من حيث المصادر والاستخدامات، مشيراً إلى أن الطيف الكهرومغناطيسي شديد الاتساع يمتد من موجات خطوط نقل التيار الكهربائي (٥٠ - ٦٠ هيرتز) إلى موجات أشعة جاما (10^{22} هيرتز). ورغم أنه لا توجد فواصل بين شريحة وأخرى من تلك الشرائح إلا أنه يمكن تحديدها حسب تطبيقاتها إلى:

شريحة الموجات طويلة الطول ويتراوح طولها من ٦ آلاف كيلو متر إلى واحد كيلو متر (ترددها بين ٥٠ إلى ٣ × ١٠^٥ هيرتز)، وتستخدم لأغراض الاتصالات لخدمة بسبب انخفاض ترددها، وبالتالي محدودية انتشارها في الفضاء لمسافات بعيدة. أما توليدها فيتم باستخدام دوائر مهتزة عبارة عن ملف حثي ومكثف.

شريحة الموجات الراديوية ويتراوح طولها من واحد كيلو متر إلى المتر الواحد (ترددها ٣ كيلو هيرتز إلى ٣٠٠ ميغا هيرتز) وتستخدم في البث الإذاعي والتلفاز والرادار. حيث تتراوح موجات الراديو بين كيلو متر واحد إلى عشرة أمتار بتردد ٣ كيلو هيرتز إلى ٣٠ ميغا هيرتز، أما البث التلفازي فيلزمه موجات ذات تردد من حوالي ٣٠ ميغا هيرتز إلى واحد ميغا هيرتز. بينما الموجات الدقيقة تستخدم في الإرسال والرادار والاتصالات. ويكون ترددها بين واحد غيغا هيرتز إلى ٣٠٠ غيغا هيرتز إضافة إلى استخدامها في التسخين بمختلف أنواعه سواء للأغراض الصناعية أو المنزلية (أفران الميكروويف) حيث يتم التسخين بسرعة شديدة.

شريحة الأشعة تحت الحمراء ويتراوح ترددها بين ٣ غيغا هيرتز إلى ٤٫٢ × ١٠^١٤ هيرتز وتعرف بشريحة الأشعة الحرارية بسبب توليدها من الأجسام والجزيئات الساخنة وتنبعث في صورة حرارة لأنها لا تستطيع الانتشار بعيداً، وتستخدم في أجهزة تصوير الأشعة تحت الحمراء والقياسات الطبية الاستشعارية والعلاج الطبيعي.

شريحة الضوء المرئي ويتراوح طول موجته من ٠٫٧ ميكرون للضوء الأحمر إلى ٠٫٤ ميكرون للضوء البنفسجي (التردد ٤٫٣ × ١٠^١٤ إلى ٧٫٥ × ١٠^١٤ هيرتز)، وتأتي هذه الشريحة بصفة أساسية من الشمس.

شريحة الأشعة فوق البنفسجية وتمتد من

٢٨ ميكرون إلى حوالي ٤ عشر نانو متر (10^{-9} متر) وتأتي بصفة أساسية من الشمس، كما يمكن إنتاجها بواسطة مصابيح شديدة التوهج للأغراض العلمية والطبية. وتساعد طبقة الأوزون في الاستراتوسفير على امتصاص تلك الأشعة.

شريحة الأشعة السينية ويتراوح ترددها بين ٣ × 10^{16} هيرتز إلى ٣ × 10^{19} هيرتز ويتضح تداخلاً كبيراً بين الأشعة التي تسبقها والتي تليها، وتنتج عن تصادم الإلكترونات السريعة بالأهداف المادية وتوجد مراكز مختلفة في شاشات التلفزة والحاسبات، وتستخدم في الطب والصناعة وتكون ذات مخاطر جسيمة.

شريحة أشعة جاما: وهي شريحة عالية الطاقة يتراوح ترددها من 10^{18} هيرتز إلى أكثر من 10^{22} هيرتز وتنطلق عند إثارة الذرى عبر تفكك ألفا وبيتا لتكوين مواد وسيطة أو إثارة مواد عبر قسمة التفكك، وتتميز بطاقة عالية جداً تجعلها تخترق الجدران الخرسانية وعبورها دون ضعف طاقتها، وتستخدم في التشخيص والعلاج الطبي والتعقيم وفي المجالات الصناعية كما أن التعرض لها ينجم عنه عواقب وخيمة.

يستعرض **الفصل الثالث** من الكتاب التأثيرات الضارة لبعض أنواع الأشعة المذكورة في الفصل الثاني فيذكر تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي متمثلة في الالتهابات والحروق الجلدية بسبب ارتفاع درجة الحرارة، موضحاً في نفس الوقت إمكانية تسبب الأشعة فوق البنفسجية في سرطان الجلد، كما تؤثر سلباً على شبكية وعدسة العين. كذلك أوضح الكاتب أن الدراسات أشارت إلى أن الأشعة المرئية يمكنها أن تقضي على بعض الكائنات الحية مثل البكتيريا.

بجانب ذلك تمت الإشارة في هذا الفصل إلى التأثيرات الضارة للموجات الدقيقة بسبب أثرها الحراري في الغالب الأعم، حيث يكون أكثر الأعضاء تضرراً العين والخصيتين، أما بخصوص التأثيرات غير الحرارية للموجات الدقيقة فلا تزال غير واضحة، ولكن هناك بعض المؤشرات لتأثيرها على القلب والدم والغدة الدرقية.

ثم أفرد المؤلف **الفصل الرابع** لأشعة الليزر موضحاً أن مسمى كلمة (Laser) تتكون من الحروف الأولى من العبارة الإنجليزية (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation) وتعني تضخيم الضوء بالانبعاث (المحفز) للإشعاع، وأن شعاع الليزر ينفرد دون غيره بأنه عبارة عن حزمة ضوئية وحيدة التردد والطاقة والطور، تقع ضمن شريحة الضوء المرئي في العادة أو الموجات فوق البنفسجية وتحت الحمراء.

وتختلف أشعة الليزر عن أشعة الضوء العادية بأنها لا تتشتت في مسارها حتى لو قطعت مسافات بعيدة، وهي عبارة عن حزمة ذات موجة تفرق مقدرتها من الصغر لدرجة أنها تكون ذات مركز عال الشدة للمساحة التي تسقط عليها حتى لو أتت من مسافة بعيدة وهي بذلك عكس أشعة الضوء التي تقل شدتها مع زيادة المسافة من مصدرها.

ثم ينتقل الفصل المذكور إلى أجهزة توليد أشعة الليزر وأنواعها ذاكراً أن منها ما يعمل بنظام الحزمة المستمرة، ومنها ما يعمل بنظام الحزمة النبضية بنوعيه العادي وذو الإغلاق النوعي. كذلك يتناول الفصل التأثيرات البيولوجية لأشعة الليزر مستعرضاً مخاطرها على العين والجلد ومعايير الوقاية من تلك المخاطر مع سرد لبعض متطلبات الوقاية منها بالولايات المتحدة الأمريكية.

استعرض **الفصل الخامس** والأخير من الكتاب الأشعة المؤينة من حيث التعريف بأنواعها وتأثيراتها وقياس جرعاتها ومصادرها وجرعات تعرض البشر لها، حيث أشار إلى أنها عبارة عن إشعاعات وجسيمات لها القدرة على تأيين ذرات المادة وأن خطورتها تكمن في أنها تتسلل إلى الجسم دون أن يحس بها الإنسان، وأنها لا يمكن رؤيتها أو تحسسها، وأن التأيين الناتج عنها ينجم عنه مخاطر عدة، وأنها تنقسم إلى أشعة جاما والأشعة السينية (كلاهما من مجموعة الأشعة الكهرومغناطيسية) والجسيمات المادية (جسيمات ألفا وجسيمات بيتا والنيوترونات والأيونات)، موضحاً أن هذه الأنواع من الأشعة المؤينة تعمل على تحويل ذرات الماء في الجسم إلى أيونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة مكونة خلال وقت وجيز جداً الهيدروجين (H) والهيدروكسيد (OH) وجزيئات فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) مؤدية إلى تكسير الكروموسومات أو جزيئات الـ (DNA) محدثة تغيرات قد تكون مستديمة في المورثات مؤدية إلى تشوهات في الخلية يمكن أن تنتقل وراثياً إلى الشخص المتعرض أو إلى أبنائه وأحفاده، هذا إذا لم تحدث أنواعاً من السرطانات القاتلة.

إضافة لذلك شرح المؤلف في هذا الفصل بعض المصطلحات المتعلقة بتعرض الإنسان للأشعة المؤينة مثل الجرعة الممتصة والمكافئة والفعالة والجرعة الفعالة الجماعية ومعامل الخطورة. كما استعرض المصادر الطبيعية للأشعة المؤينة ذاكراً أن تلك المصادر تتمثل في الأشعة الكونية (سواء كانت الأشعة الصادرة من المجرات أو الصادرة من الشمس) والأشعة الأرضية الطبيعية وغاز الرادون والمصادر الصناعية، ذاكراً أن الأشعة الكونية المجرية تأتي للأرض من المجرات البعيدة وتتضمن جسيمات مشحونة مثل البروتونات وجسيمات ألفا وأيونات بعض العناصر الثقيلة وأن طاقة تلك الجسيمات قد تصل إلى مئات الآلاف من مليون إلكترون فولت، وأن كثافتها تزداد أثناء فترات النشاط المنخفض للشمس وتتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض خاصة بالقرب من خط الاستواء.

أما الأشعة الكونية الشمسية فتعتبر منخفضة الطاقة مقارنة بالأشعة الكونية المجرية، وتصل هذه الطاقة إلى حوالي الف مليون إلكترون فولت كأقصى حد، ومعظمها يغلب عليها البروتونات وجسيمات ألفا.

كذلك يستعرض المؤلف في هذا الفصل مخاطر الأشعة الكونية على رواد الفضاء خاصة في فترات التوهج الشمسي، وكذلك جرعات التعرض البشري لها، مشيراً إلى أن معدل الجرعة يزداد بارتفاع المستوى فوق سطح البحر ويزداد بالبعد عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً، وأن السفر بالطائرات يتسبب في زيادة الجرعة التي يتلقاها المسافرون والطيارون خاصة في الطيران الأسرع من الصوت الذي يتطلب طيران يزيد علوه عن ١٥ كم.

يعد الكتاب من أجود الكتب وأشملها التي تناولت هذا المجال الهام، وقد تميز بسلاسة الأسلوب والتبويب الجيد رغم صعوبة الموضوع للفئات المستهدفة إلا أن الكاتب استطاع أن يقربه لتلك الفئات. ولكن يعاب عليه استخدامه لبعض المصطلحات التي تهم المتخصص أكثر من الشخص العادي مثل قياس الأشعة المؤينة ومعايير الجرعة للتعرض وغيرها.

كتب صدرت حديثا

برنامج تعليم سلامة المرور في كليات التربية
جوانب معرفية لنظام المرور

صدرت الطبعة الثالثة من هذا الكتاب عن مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، وهو عبارة عن دراسة بحثية تم تدعيمها من قبل المدينة، قام بالبحث كل من الدكتور **حمد عبدالرحمن السيف** كباحث رئيسي والدكتور **عبدالله إبراهيم المحيسن** والدكتور **عبدالجليل السيف** والدكتور **إبراهيم محمد الشافعي** كباحثين مشاركين.

تتوزع صفحات الكتاب الثلاثمائة وست وثلاثون صفحة على شكر وتقدير والخطة الدراسية لتعليم سلامة المرور والمادة التعليمية لمقرر الجوانب المعرفية لنظام المرور وثمانية أبواب تنقسم إلى واحد وعشرين فصلا.

يغطي الباب الأول تعريفات ورخص القيادة في الباب الثاني، وقواعد المرور في الباب الثالث وينقسم إلى عشرة فصول تغطي قيادة المركبات والخيبونات، والسير على الطرق والتلاقي والتجاوز والانعطاف والتجنيب وأفضلية المرور وحدود السرعة واستعمال المنبهات والوقوف والتوقف والإنارة والإشارة والشاحنات. أما التسجيل واللوحات والفحص الفني فيعالجه الباب الرابع من خلال ثلاثة فصول هي التسجيل ورخص السير واللوحات والفحص الفني. ويتطرق الباب الخامس إلى مستلزمات السلامة التي يجب تجهيز المركبة بها، وذلك من خلال ثلاثة فصول تعالج المركبة والأمور والأجهزة المختلفة. ويختص الباب السادس بمدارس مركبات وعموميها ووزنها. ويعالج الباب السابع المخالفات المرورية من خلال فصلين هما إجراءات ضبط المخالفة، والجزاءات وجزاءات الفصل فيها. أما الباب الثامن والأخير فيتعلق بالحوادث ويعالجها من خلال ثلاثة فصول هي إجراءات التحقيق وتحديد المسؤولية والعقوبات.

إدارة المراعي الأسس والتطبيقات

هذا الكتاب من تأليف كل من هيرولد هولتشك وروكس ماسر وكريستوفر هيرس. قام بترجمته إلى العربية الدكتور **عبدالعزيز بن محمد السعيب**.

وقد صدر عن النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود عام ١٤٢٣هـ ويقع في ٦٦٣ صفحة من القطع الكبير، ويشتمل على مقدمة للمترجم وتوطئة ومقدمة للمؤلفين وسبعة عشر فصلا يختتم كل منها بقائمة مراجع، وفهرس لمصطلحات (عربي – إنجليزي)، وفهرس للأسماء العلمية العربية والإنجليزية للنباتات الواردة في الكتاب وكشاف الموضوعات.

عالج الكتاب سبعة عشر موضوعا رئيسا خصص لكل منها فصل مستقل وهي: الأسس ونشر علم المراعي والصفات النباتية للمراعي، وتاريخ إدارة المراعي، ووصف موارد المراعي، وفسيولوجيا نباتات المراعي، وتربية المراعي، وحصر المراعي والاعتبارات حول معدل التحميل، واختيار طرق الرعي وطرق تحسين توزيع الماشية، وتغذية حيوانات المراعي، وإنتاج الماشية في المراعي، وإدارة الحياة الفطرية في المراعي، وإدارة المراعي للاستغلال المتعدد، وتحوير الغطاء النباتي، وإدارة المراعي في الدول النامية، وتطبيقات الحاسب الآلي والمستقبل.

لوحات التوزيع والتحكم الصناعي الكهربي

صدر هذا الكتاب عام ٢٠٠١م عن دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع بجمهورية مصر العربية، وهو من تأليف المهندس **سمير عاشور**. يقع الكتاب في ٢١٦ صفحة من القطع المتوسط. وقسم الكتاب إلى ثمانية فصول وملاحق وثبت المراجع.

يحوي الفصل الأول مفاتيح التلامس من خلال تركيبها ورموزها وأحجامها واستخداماتها. أما الفصل الثاني فيتعلق بعناصر الحماية. أما الفصل الثالث فيتحدث عن المحركات الحثية ثلاثية الأوجه، والتحكم الإلكتروني فيها وسرعتها. أما الفصل الرابع فيتناول أنواع خاصة من المحركات مثل المحركات المتدرجة والمحركات الحثية الخطية ومحركات السيرفو. ويتناول الفصل الخامس عناصر التحكم بالهواء من حيث تصميمها والمواد الداخلة فيها والتحكم فيها. ويتطرق الفصل السادس إلى أجهزة القياس مثل الأميتر والفولتميتر والأجهزة ذات الملف المتحرك والأجهزة الحث الكهرومغناطيسي وأجهزة قياس الطاقة وأجهزة قياس التردد. أما الفصل السابع فيتناول ملحقات التحكم مثل التايمرات ومفاتيح نهاية الشوط ومفاتيح الخلايا الضوئية ومفاتيح الأمان ومفاتيح التشغيل ومحولات التيار. ويتطرق الفصل الثامن إلى بعض الدوائر المستقبلة.







يتعرض مئات الألوف من البشر يومياً لحوادث السيارات، ويذهب ضحيتها عشرات الألوف من البشر. وقد شغل هذا بال مصممي وصانعي السيارات لإيجاد الحلول المناسبة لمنع وتقليل النتائج المترتبة على تلك الحوادث، ويعد حزام الأمان Seat belt، من أهم ما توصلت إليه تقنيات السلامة المرورية لحل هذه المشكلة. وقد كان له - بإذن الله - دور بارز في تقليل الوفيات وتخفيف الإصابات. إذ تدل الإحصائيات التي أصدرتها إدارة أمن ومرور الطرق السريعة الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية على أن حزام الأمان أنقذ - بإذن الله - حوالي ١٢٠٠٠ في الولايات المتحدة خلال عام ٢٠٠٠م، وأن حوالي ٩٠٠٠ من الضحايا عام ٢٠٠٠م كان بمقدورهم تلافي الوفاة (بإذن الله) لو استخدموا حزام الأمان.

تبنى الفكرة الأساسية لحزام الأمان على منع الراكب من الاصطدام بمكونات السيارة أو الارتماء خارجها خلال الزجاج الأمامي عندما تتوقف السيارة فجأة نتيجة لحادث اصطدام. وذلك لأن جسم الراكب يكتسب سرعة السيارة، ولكن ليس له القدرة على التوقف الفجائي، وهو ما يعرف بمبدأ القصور الذاتي.

عرض الحزام لأول مرة في السيارات الأمريكية عام ١٩٤٧م، وفي عام ١٩٥٦م



● شكل (١) كيفية ربط الحزام

وفرت شركة فورد الحزام في السيارات التي ستباع داخل أمريكا، وفي عام ١٩٦٤م أصبح الحزام صفة قياسية Standard Feature للسيارات الأمريكية.

وبعد ذلك بعامين أصبح الحزام الحلقي قياسياً، وفي عام ١٩٦٧م أصبح الحزام الأمامي إلزامياً، وبعده بعام واحد فقط أصبح حزام الكتف إلزامياً، أي في عام ١٩٦٨م.

تتصل معظم أحزمة الأمان الحديثة بهيكل السيارة عن طريق ثلاث نقاط، اثنتان منها داخل هيكل السيارة والثالثة تقع بجانب الراكب وهي التي يستخدمها في ربط الحزام (شكل ١).

ترصد وحدة التحكم حركة الحساسات الإلكترونية أو الميكانيكية التي تستجيب للانخفاض المفاجئ في سرعة السيارة نتيجة لعملية الاصطدام، فيعطي إشارة الإشعال للشداد لكي يعمل، ومن ثم تنطلق الأكياس الهوائية في السيارات إذا كانت مجهزة بها.

أنواع الأحزمة

تحتوي العديد من السيارات الحديثة على أحزمة أمان تربط يدوياً، بينما قد توجد سيارات أخرى منها تربط فيها الأحزمة آلياً، وعليه فإنه يمكن تقسيم الأحزمة إلى نوعين هما:

● الأحزمة اليدوية

هي التي يتم ربطها يدوياً، وتوجد عادة في المقاعد الخلفية ومعظم المقاعد الأمامية للسيارات. تزود معظم السيارات الأقدم بحزام للحوض فقط في المقاعد الخلفية الجانبية، وفي بعض الأحيان تزود بحزام للكتف، بينما يشتمل المقعد الخلفي الأوسط على حزام للحوض فقط.

وبالنسبة للسيارات الحديثة تزود بعض المقاعد الخلفية الجانبية بحزام للحوض وتكتفي في المقاعد الخلفية الجانبية، وقد يوجد في بعضها حزام الحوض والكتف للمقعد الخلفي الأوسط.

● الأحزمة الآلية

تعرف الأحزمة الآلية بتلك التي تلتف حول جسم السائق أو الراكب آلياً دون تدخل منه، وذلك بمجرد جلوسه على مقعده وقفل باب السيارة، وتصنف إلى نوعين:

● أحزمة بمحرك: تتحرك آلياً بمجرد ما يجلس السائق خلف المقود ويقفل باب السيارة، وفي بعض السيارات يجب أن يدار مفتاح تشغيل السيارة حتى يتحرك الحزام ويحيط بجسم السائق. في هذا النوع يجب على السائق أن يربط حزام الحوض يدوياً. ولكي يعمل هذا الحزام بكفاءة عالية فإنه يجب ربط حزام الحوض. ويجب الإشارة إلى أن جميع الأحزمة الآلية مجهزة بآلية فك الحزام عند الطوارئ.

● أحزمة بدون محرك، ويمكن تصنيفها إلى نظامين هما:

النظام الأول: وفيه يتصل كلاً من حزام الكتف وحزام الحوض بباب السيارة من الداخل، وبالتالي يدخل السائق (الراكب) من تحته فيلتف حول جسمه آلياً عند قفل باب السيارة مباشرة.

النظام الثاني: وفيه يتصل حزام الكتف فقط بباب السيارة وبمحرك محيط للسائق

بمجرد قفل باب السيارة، لف حزام الحوض فيجب ربطه بنوع من قبل السائق.

مكونات حزام الأمان

يتكون حزام الأمان كما في الشكل (٢) من الأجزاء الرئيسة التالية:

● **الشريط**

يتكون الشريط (Web) من نسيج مرن قابل للتمدد بدرجة محددة لكي يخفف من آثار التوقف المفاجئ للمركبة، ولا يسمح بارتطام جسم الراكب بالأجزاء الأمامية للسيارة، مثل عجلة القيادة أو طبلون السيارة، أو الزجاج الأمامي للسيارة، ويتصل أحد طرفي الشريط بهيكل السيارة القوي أو العمود، والآخر متصل بالشداد. ويوجد على الشريط بين تلك النقطتين لسان قد يكون ثابتاً أو قابلاً للحركة يمكن تثبيته في مزلاج تشكل نقطة الارتباط الثالثة. يقسم هذا اللسان شريط الحزام إلى جزء من يطلق على أحدهما حزام الكتف حيث يمر خلال الصدر مستخدمه، بينما يطلق على الآخر حزام الحجر، والذي يمر من حجر منطقة الحوض للراكب. وتعتبر تلك المناطق الصدر والحوض من أقوى مناطق الجسم صلابة ومقاومة.

● **الشداد**

تتمثل مهمة الشداد (Retractor) في إبقاء الحزام مشدوداً على جسم الراكب بحيث لا يسمح بأي ارتخاء يؤدي إلى حركة الراكب إلى الأمام عند حدوث الاصطدام أو التوقف المفاجئ، وبالتالي يحمي الراكب من الارتطام بالأجزاء الصلبة من جسم السيارة.

يتكون الشداد من جزءين هما:

● **البكرة (Spool)**: وهي الجزء الرئيس في الشداد، ويتصل بها أحد طرفي الحزام ويلف عليها في الوضع الاعتيادي ويوجد بها حافتان مسننتان على شكل تروس (Gears).

● **الزمبرك (Spring)**: ويثبت على البكرة بحيث يتصل طرفه الداخلي بالمحور الذي تدور حوله البكرة والطرف الآخر الخارجي يثبت على جانب البكرة، ويكون اتجاه لفات الزمبرك مع اتجاه عقارب الساعة وهو نفس اتجاه التفاف شريط الحزام على البكرة.

تتمثل مهمة الزمبرك في إعادة لف شريط الحزام على البكرة وشده على جسم الراكب مع إبقاء إمكانية حركة الراكب في الوضع الاعتيادي من الحركة إلى الأمام وإلى الجانبين. فعندما يسحب السائق (الراكب) الحزام لكي يربطه حول جسمه فإن البكرة تدور عكس عقارب الساعة، وبالتالي يدور الزمبرك بعكس اتجاه لفاته، مما يولد مقاومة لسحب الحزام. وبما أن الزمبرك يحاول العودة إلى وضعه الطبيعي فيعمل على شد الحزام على الجسم والتخلص من أي ارتخاء فيه.

● **معقل**

يشتمل كل حزام على آلية قفل تعمل على إيقاف دوران البكرة التي يلتف عليها الشريط، وبالتالي تمنع استطالته عند حدوث الاصطدام، أو توقف السيارة المفاجئ مما يعمل على إبقاء الراكب في مقعده، وتوجد عدة آليات لقفل الحزام منها:

● **المتحسسة**: وتعتمد هذه الآلية بشكل أساس على الحركة، ويمكن تصنيفها إلى نوعين هما:



● شكل (٣): آلية القفل المتحسسة بحركة السيارة

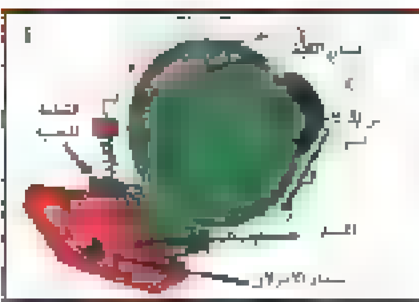
- **حركة السيارة**: وفي هذه مجموعة يتم قفل البكرة عندما تنخفض سرعة المركبة بصورة مفاجئة كما في حالة حوادث الاصطدام بواسطة ثقل يتمثل في ثقل بندولي يتصل بالطرف العلوي لذراع لسان معدني (Pawl) يكون اللسان في الوضع الاعتيادي، شكل (٣ أ).

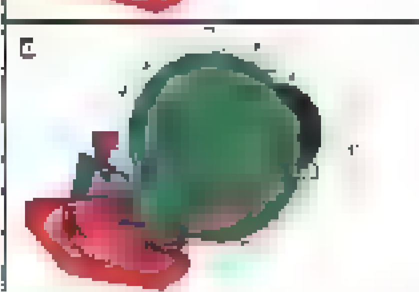
أما عندما تتوقف السيارة فجأة فإن الثقل البندولي يتحرك إلى الأمام حسب قانون القصور الذاتي، مما يؤدي إلى تحرك اللسان إلى الوضع الرأسي، وبالتالي يتداخل بين أسنان الترس فيعمل على إيقاف دوران البكرة، ويمنع استطالة شريط الحزام شكل (٣ ب)، ويهدف بقاء الراكب ثابتاً في مقعده.

- **حركة الحزام**: وتتم نتيجة سحب الحزام بقوة بفعل التوقف المفاجئ للسيارة واندفاع جسم الراكب إلى الأمام ساحباً معه الحزام، مما يؤدي إلى دوران البكرة بسرعة، والتي يوجد عليها لسان القفل (Clutch lever)، شكل (٤ أ)، فتتولد قوة طرد مركزية تعمل على انطلاق لسان القفل، فيبرز عن مستوى محيط البكرة شكل (٤ ب)، وأثناء دوران البكرة يعمل اللسان على قطعة معدنية محدبة (Cam) يتصل بها مزلاج له أسنان يتحرك عليها بواسطة مسمار انزلاق (Sliding pin)، وتؤدي حركة القطعة المعدنية المحدبة باتجاه عقارب الساعة إلى اقتراب المزلاج من الترس المسنن فتتشابك الأسنان مع بعضها البعض فيعمل على منع البكرة من



● شكل (٢): الأجزاء الرئيسة لحزام الأمان





● شكل (٤): آلية القفل الميكانيكية لحركة الحزام

الدوران الشكل (٤ ج).

● **الكهربائي**: وفيها تحس أجهزة كهربائية متطورة ميكانيكية لاستشعار أي انخفاض مفاجئ في سرعة المركبة، وبالتالي إرسال الإشارات إلى الشداد لتفعيل آلية القفل. وقد تكون تلك الأجهزة مرتبطة مع الدوائر الكهربائية لتشغيل الأكياس الهوائية.

● **المقيدة الحرارية**: وتعمل آلية قفل الحزام بالتقنية الحرارية (Pyrotechnics) على التخلص من أي ارتخاء في الحزام وتثبيت الراكب بقوة في مقعده عند حدوث أي تغير مفاجئ في سرعة أو اتجاه السيارة نتيجة لتعرضها لحالات اصطدام، حيث يعمل هذا النوع على سحب شريط الحزام إلى الداخل ومنع ارتطام جسم الراكب بالأجزاء الأمامية من جسم السيارة.

تتكون آلية قفل الحزام الحراري (شكل ٥) من غرفة لغاز قابل للاحتراق توجد داخلها غرفة صغيرة تحتوي على مادة مشتعلة، وتجهز الغرفة الصغيرة بقطبي كهرباء تتصل مباشرة بمعالج مركزي.

عندما يتم رصد عملية الاصطدام فإن وحدة التحكم تمرر في الحال تياراً كهربائياً عبر الأقطاب، فتتولد داخل الحجيرة الصغيرة شرارة تعمل على إشعال المادة المشتعلة، وهذه بدورها تعمل على احتراق الغاز الموجود في حجيرة الكبيرة وينتج عنه كمية كبيرة من الغازات تضغط على اسطوانة جريدة (عمود مسننة) (Rack gear) مستقرة على فتحة في أعلى الحجيرة، فيؤدي ذلك إلى دفع الأسطوانة والجريدة المسننة المتصلة بها بقوة وبسرعة إلى الأعلى شكل (٥ب)، فتتداخل أسنانها مع أسنان الترس المتصل ببكرة الشداد فتدور بسرعة عكسية إلى لف الحزام، وبالتالي سحب جسم الراكب وتثبيته بقوة وشده على مقعده.

محددات تحمل الحزام

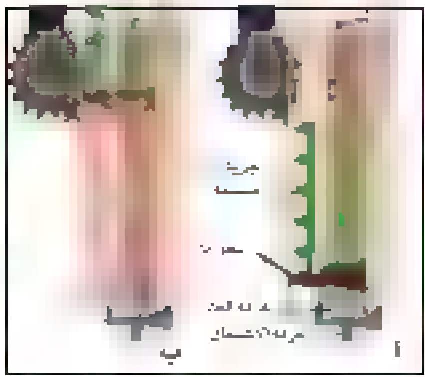
تحدث في بعض الأحيان أضرار جسيمة لمستخدم الحزام نتيجة لقوة الشد التي تتعرض لها المناطق التي يمر عليها الحزام، وذلك عندما يكون التوقف مفاجئاً وعنيفاً. ولذا يجب تخفيف عملية الشد على جسم مستخدم الحزام عندما تتجاوز حداً معيناً، ويستخدم لذلك ما يعرف بمحددات التحمل (Load Limiters)، ويتمثل ذلك في إستطالة الحزام بمقدار قليل عندما يتعرض لقوة شد عالية من جسم الراكب. ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

● **وضع ثنيات في شريط الحزام**

تحاط ثنيات في حزام الأمان بخيوط ذات تحمل شد معين، بحيث تتقطع عندما يتعرض الحزام لقوة شد تفوق قدرتها على المقاومة، فيؤدي ذلك إلى فك الثنية وفي هذا استطالة الحزام، وهذا يعمل على تحرك جسم الراكب قليلاً إلى الأمام، وتخفيف الضغط على جسمه، وبالتالي التقليل من الأضرار.

● **إضافة قضيب قابل للالتواء**

تعتمد محددات التحمل في بعض الحالات الأكثر تطوراً على وجود قضيب



● شكل (٥): آلية قفل الحزام بالتقنية الحرارية

قابل للالتواء (Torsion Bar) في آلية شد الحزام، وهو عبارة عن قضيب معدني قابل للالتواء يحتفظ على شكله في حالة الحوادث الخفيفة، ولكنه يلتوي عندما يتعرض لقوة تفوق قدرته على المحافظة على شكله كقضيب، فيؤدي ذلك إلى استطالة محدودة في شريط الحزام تساعد في التخفيف من آثار التوقف المفاجئ.

سيارات حديثة وحزام مريح

تتميز السيارات الحديثة نتيجة للتطورات المتوالية التي طرأت على صناعتها بالعديد من المميزات والخصائص التي تجعل من حزام الأمان أكثر راحة وأماناً دون أن تؤثر على فاعليته وكفاءته، ومن أهمها ما يلي:

● **ضوابط حزام الكتف**

تسمح ضوابط حزام الكتف (Shoulder Belt Adjusters) للجزء العلوي منه بالمرور خلال الصدر وبعيداً عن الرقبة. تشتمل ضوابط حزام الكتف على مثبتات متحركة لرفع وخفض مستوى حزام الكتف كما تشتمل على مشبك توجيه تتصل بباطن السيارة لتحريك الحزام بعيداً عن الرقبة.

● **التحكم في ارتفاع المقعد**

تتمتع بعض السيارات بمواصفات منها إمكانية التحكم في ارتفاع وانخفاض المقاعد الأمامية من السيارة (Adjustable Seat Height) مما يتيح للأقل أو قصيري القامة رفع المقعد حتى يمر الحزام براحة تامة على وسط الكتف بعيداً عن الرقبة.

● **مطول الحزام**

عندما يكون طول الحزام غير كافٍ لربطه حول جسم الراكب نتيجة للسمنة الزائدة للسائق فيمكن لوكيل السيارة المعتمد إطالته لكي يتناسب مع جسم السائق.

إصلاح الحزام بعد الحادث

يلزم في معظم الأحوال تبديل أحزمة الأمان بعد الحوادث لأنها تكون قد تمددت أثناء الحادث. أما في حالة الأحزمة الكهربائية وأحزمة التقنية الحرارية فإن أجزاء محددة منها يجب أن تستبدل، لأنها من الأجزاء ذات الاستخدام مرة واحدة فقط.

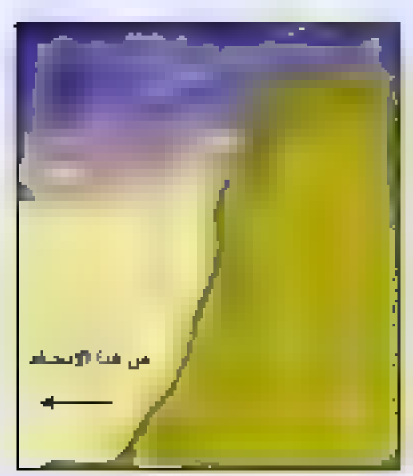
المصادر

www.aetsme.org/safetybelts
www.howstuffworks.com/seatbelts
www.lemurzone.com/airbag/belt



مسابقة العدد

قياس إرتفاع الجبل



كثيرة هي المبادئ والقوانين الرياضية التي مرت علينا في حياتنا الدراسية، ولكن القليل منها الذي نفعّله في حياتنا اليومية، ولعل من الأهداف الأساسية لهذا الباب في مجلة **العلوم والتقنية** في محضر القارئ الكريم على تطبيق المبادئ والقوانين الرياضية في حياته اليومية لحل ما يواجهه من معضلات . وسؤالنا لهذا العدد هو:

كيف يمكن قياس إرتفاع جبل من جهة واحدة فقط ومن مسافة بعيدة منه من دون الوصول إليه أو الصعود عليه باستخدام وحدات قياس المسافة (المتر) وأداة قياس الزاوية (المنقلة)؟

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة «قياس إرتفاع الجبل» فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي:

١. توفق طريقة الحل مع الإجابة

٢. تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء

٣. يوضع عنوان المرسل كاملاً

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة. كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله

حل مسابقة العدد السابق

(القطع المعدنية)

قراءنا الأعزاء

إن المفتاح الرئيس للحل هو إدراك أن المقصود بالحركة في إتجاه واحد حيث يعني الحركة مع أو ضد عقارب الساعة أو إدراك أن المرور فوق قطعتين يعني قطعتين حقيقتين منفردة أو مجتمعة وهناك العديد من الحلول ولكن سنذكر أحدهما فيما يلي

شكل (أ): ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨

شكل (ب): ١ ٣ ٥ (فوقها ٢) ٤ ٦ ٧ ٨

شكل (ج): ١ (فوقها ٦) ٣ ٤ ٥ (فوقها ٢) ٧ ٨

شكل (د): ١ (فوقها ٦) ٣ (فوقها ٨) ٤ ٥ (فوقها ٢) ٧

شكل (هـ): ١ (فوقها ٦) ٣ (فوقها ٨) ٥ (فوقها ٢) ٧ (فوقها ٤)

أولاً: قم بترقيم العملات من ١ ـ ٨) شكل (أ)

ثانياً: حرك القطعة رقم ٢ مروراً على القطع ٣ ، ٤ وضعها على القطعة ٥ شكل ب

ثالثاً: حرك القطعة رقم ٦ مروراً على القطعتين ٧ ، ٨ وضعها على القطعة رقم ١ شكل ج

رابعاً: حرك القطعة رقم ٨ مروراً على القطعتين ٦ ، ١ وضعها على القطعة رقم ٣ شكل (د)

خامساً: حرك القطعة ٤ مروراً فوق القطعتين ٣ ، ٥ وضعها فوق القطعة ٧ شكل (هـ)

وبذلك نحصل على أربع مجموعات مزدوجة هي (٦ ، ١) ، (٨ ، ٣) ، (٢ ، ٥) ، (٤ ، ٧)

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد السابق، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ومع فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من

١ ـ أسامة محمد علي ـ الرياض

٢ ـ عبدالله ناجي الشافعي ـ الدمام

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة



بالمملكة العربية السعودية

تعد البحوث والدراسات المتعلقة بالأطفال المعوقين في المملكة شحيحة للغاية، لذلك قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بتمويل البحث المشار إليه تحت رقم ت ن-١٥-١

جرى البحث في الفترة من ١٤١٧هـ إلى ١٤٢٠هـ بجامعة الملك سعود، وكان الباحث الرئيسي أ.د. محمد بن علي فارس الخارجي.

● أهداف البحث

١. التعرف على حجم مشكلة الإعاقة لدى الأطفال على المستوى الوطني.

٢. تحديد أنواع الإعاقات وتوزيعها في مختلف مناطق المملكة.

٣. التعرف على مختلف العوامل ذات الصلة بالإعاقة.

٤. التعرف على الخدمات المتوفرة كماً ونوعاً سواء من قبل الدولة أو المؤسسات أو الجمعيات الخيرية.

● خطوات البحث

صممت طريقة البحث بهدف معرفة حجم الإعاقة وأنماطها والعوامل المتعلقة بها وقاية وعلاجاً وتأهيلاً في المملكة العربية السعودية، حيث اشتملت على الجوانب التالية:

١. تمثل العينة التي تم دراستها الأطفال السعوديين دون سن السادسة عشرة من مختلف أنحاء المملكة خلال مدة الدراسة.

٢. تم تصميم الدراسة باستخدام المنهج المسحي ضمن خطة علمية تمثل المجتمع المراد دراسته والتعرف على الواقع الفعلي لحجم الإعاقة والخدمات المقدمة والمطلوبة من مختلف القطاعات الحكومية الخدمية للمعوقين.

٣. بلغ حجم العينة المستهدفة ٨٠٦٠ طفلاً دون السادسة عشرة موزعين على مختلف مناطق المملكة، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الجغرافية والإدارية والطبيعية، وقد تم تقدير العدد المطلوب بناء على التوزيع الجغرافي والكثافة السكانية في المدن والمراكز والقرى والهجر.

٤. تم اختيار أعضاء لجان الإشراف والمتابعة للبحث بكل منطقة من منسوبي وزارة الصحة ووزارة العمل والشؤون الاجتماعية ووزارة المعارف والرئاسة العامة لتعليم البنات، وتم اختيار أعضاء الفريق البحثي ليقوم بأعمال التنسيق للبحث والتدريب على كيفية تنفيذ الدراسة.

٥. تم عقد حلقتي إعداد وتهيئة لمنسقي البحث بمقر مركز الأمير سلمان لأبحاث الإعاقة بالرياض على مدى يومين لكل حلقة خلال العامين الأولين، حضرها منسقو لجان الإشراف والمتابعة للبحث وبعض أعضاء فرق العمل، كما قام الباحث الرئيس وفريق البحث المساعد بزيارة العديد من المناطق خلال مراحل تنفيذ البحث لشرح خطة تنفيذ الدراسة والاطلاع على الصعوبات وتذليلها.

٦. اعتمد في طريقة جمع العينة على الاختيار الطبقي التجمعي العشوائي بهدف تقليل التحيز وإعطاء صورة ممثلة للمملكة.

٧. تم تحديد أحياء مختلفة من منطقة الرياض تمثل كافة فئات المجتمع بمختلف مستوياته لتنفيذ دراسة استطلاعية لمدة شهرين للوقوف على مدى ملاءمة تطبيق أدوات الدراسة والتأكد من صلاحيتها والتعرف على مدى صدق ومرونة الاستبانة المعدة لجمع البيانات وكذلك اختبار طريقة العمل.

٨. استغرقت الدراسة الميدانية ٢٤ شهراً تم فيها مسح جميع أنحاء المملكة من خلال عدة فرق بحث ميدانية تحت إشراف ومتابعة لجنة الإشراف والمتابعة بكل منطقة، شارك فيها أطباء وممرضات وأخصائيات اجتماعيات ومدرسون ومدرسات لزيارة الأسر محل الدراسة وتعبئة الاستبانة المعدة، ومن ثم إحالة حالات الإعاقة والحالات المشتبه بها إلى المختصين لإجراء الفحوصات التأكيدية.

٩. تم معالجة البيانات الخاصة بالأطفال المعاقين معالجة إحصائية باستخدام الحاسب الآلي لتحليلها.

● نتائج الدراسة

كانت أهم نتائج الدراسة ما يلي:

١. بلغ حجم العينة التي تم جمعها وإجراء التحليل الإحصائي عليها ٤٥٦٣٠ طفلاً موزعين على المحافظات (٤٤٪) والمدن (٨,٠٣٪) والمراكز (١٢,٠١٪) والقرى (١٣,٧٪) والهجر (٤٪).

٢. تم تقسيم الأطفال الذين شملتهم الدراسة طبقاً لفئاتهم العمرية إلى أربع فئات (أقل من ٥ سنوات، أكبر من ٥ سنوات وأقل من ١٠ سنوات، أكبر من ١٠ سنوات إلى ١٥ سنة، من ١٥ سنة إلى ١٦ سنة).

٣. بلغ عدد الأطفال المعوقين (٢٨٣٨ طفلاً) من مجمل أطفال الدراسة بنسبة عامة تبلغ (٦,٣٣٪) بالخصائص التالية:

(أ) بلغت أعلى نسبة لوجود الإعاقة في منطقة جازان ٨,٩٪ تليها منطقة القصيم بنسبة ٨,٦٪، وذلك لزيادة نسبة زواج الأقارب ووعورة وضيق الطرق ووجود القصيم في منتصف مناطق المملكة الشرقية والشمالية والغربية والوسطى مما تسبب في الكثير من حوادث السير.

(ب) بلغت أقل نسبة لوجود الإعاقة ٤,٣٦٪

بمنطقة الرياض لإرتفاع مستوى الخدمات المقدمة على مستوى الفرد والأسرة والمجتمع، تليها منطقة عسير بنسبة ٤,٦٩٪.

(ج) تراوحت نسب الإعاقة في المناطق الأخرى بين النسب العليا والنسب الدنيا المذكورة أعلاه.

(د) كان من بين هؤلاء الأطفال من لديه إعاقات متعددة، ولذلك بلغ مجموع الإعاقات ٦٩٤٣ إعاقة، حيث بلغت نسبة الإعاقة العقلية ٢٠,٩٪ (من مجمل عينة الدراسة)، والإعاقة الحركية ٣٢,٠٪، والإعاقة الكلامية ٦,٤٪، والإعاقة السمعية ١٠,٠٪، والإعاقة البصرية ٨,٠٪، والإعاقة السلوكية والانفعالية ٠,٧٪، وإعاقة صعوبات التعلم ٨,١٪، والإعاقة بالصرع ٥,٠٪ والإعاقة من الأمراض المزمنة والوراثية ٣,١٪، والإعاقات الأخرى ٣,٠٪.

٤- اشارت الدراسة إلى ضرورة زيادة مستوى الرعاية الطبية الوقائية وخدمات التحصين المقدمة للأمهات أثناء الحمل، والتوسع في تقييم هذه الخدمات وتطويرها، والتعريف بالجهات التي تقدمها لضمان وصولها إلى كافة الفئات في مختلف المناطق، كما اشارت كذلك إلى ضرورة زيادة وعي الأمهات فيما يختص بمكان الولادة ومن يقوم بعملية الولادة ضماناً لسلامتهن وسلامة أطفالهن.

٥- بلغت نسبة من لدخل من المواليد العناية المركزة ٤,٢٪ على مستوى المناطق، وبلغ التطعيم ضد الدرن ٦٨,٥٪، أما التطعيم ضد شلل الأطفال والتطعيم بالطعم الثلاثي فبلغا ٩٧,٦٪، و ٩٦,٨٪ على التوالي.

٦- كانت الخدمات الطبية وخاصة للحالات متوسطة وشديدة الإعاقة الأكثر إتاحة، تليها الخدمات التعليمية للحالات متوسطة وخفيفة الإعاقة.

٧- انحصرت الخدمات النفسية والإيوائية والترفيهية، وكذلك المهنية والأجهزة التعويضية على الحالات المتوسطة والشديدة.

٨- تفاوتت درجات تقديم الخدمات الطبية والتعليمية والإجتماعية والمساعدات المالية بمختلف المناطق.

٩- كانت الخدمات الترفيهية والنفسية والإيوائية والمهنية والعلاج الطبيعي والأجهزة التعويضية في الهجر شبه معدومة.

١٠- تتلقى الحالات شديدة الإعاقة كل انواع الخدمات كماً ونوعاً.

● التوصيات

انحصرت أهم توصيات الدراسة فيما يلي:

١- ضرورة إنشاء هيئة تنسيقية تسمى " المجلس الأعلى للإعاقة " تعمل على توثيق التعاون بين الجهات الحكومية والأهلية التي تخدم المعوقين.

٢- التوسع في إنشاء برامج رعاية وتأهيل الأطفال المعوقين، ودعم إنشاء خدمات التأهيل المهني والوظيفي لمختلف فئات المعوقين بمختلف مناطق المملكة.

٣- الاهتمام بتوفير الخدمات الترفيهية والنفسية والتأهيلية والإيوائية والأجهزة التعويضية للأطفال المعوقين بالقرى والهجر.

٤- تشجيع الاستثمار في مجال رعاية وتأهيل المعوقين من جانب القطاع الخاص.

٥- التركيز على ضرورة إجراء فحص ماقبل الزواج والتوسع في خدمات الكشف المبكر للحد من حدوث الأمراض الوراثية المسببة للإعاقات.

٦- ضرورة إجراء الفحوصات الطبية والوراثية ذات العلاقة أثناء الحمل وعند الولادة للأمهات ذات التاريخ المرضي للإكتشاف المبكر للأمراض الوراثية المعوقة، ومن ثم التدخل المبكر.

٧- الإهتمام بتوعية الأمهات الحوامل حول ضرورة أخذ التطعيمات اللازمة قبل وأثناء الحمل ضد الأمراض المعدية المسببة لبعض الإعاقات.

٨- تعميم إعطاء الفيتامينات والحديد للأمهات الحوامل بمختلف القطاعات الصحية، والتأكيد على أهمية الولادة في المستشفيات، وتوفير الإمكانات اللازمة بالمواليد الطبيعيين والخدج.

٩- التوسع في إعطاء التطعيمات الخاصة بالأمراض المعدية للأطفال في مرحلة الطفولة المبكرة وفي سن دخول المدرسة.

١٠- إجراء الفحص الدوري الشامل على أطفال المدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية وتقييم حالاتهم الصحية وتحصيلهم الدراسي لإكتشاف حالات الإعاقة مبكراً.

١١- عقد دورات تدريبية وحلقات عمل في مختلف المجالات التأهيلية للكوادر البشرية الوطنية العاملة في مجال رعاية وتأهيل المعوقين، وابتعاث المميزين منهم للخارج لدعم تأهيلهم علمياً وعملياً ولإطلاعهم على أحدث المستجدات في هذا المجال.

١٢- تحديث قواعد المعلومات والتقنيات المستخدمة في مجال الرعاية والتأهيل بصفة دورية.

١٣- عقد المؤتمرات والندوات المحلية والدولية لإتاحة المجال لتبادل الخبرات مع الخبراء في الداخل والخارج.

١٤- تشجيع إجراء البحوث التطبيقية والمتخصصة في مجال الإعاقة لتشمل الجوانب الهندسية والأجهزة الطبية التعويضية والتأهيلية والمجالات الترفيهية على مستوى كل منطقة.

١٥- التوسع في إجراء البحوث الميدانية المتخصصة لتشمل جميع أنواع ومجالات الإعاقة، مثل: إعاقة التوحد، والإعاقات السلوكية، والانفعالية، والاضطرابات النمائية وغيرها، والإفادة من معطياتها.

١٦- دعم بحوث التوعية والإرشاد الوقائي ورفع مستوى الوعي الثقافي، وحث وسائل الاعلام للمساهمة فيها.

١٧- العمل على الإفادة من المعلومات المتوفرة من البحث المذكور في مجال رعاية وتأهيل المعوقين في القطاعين الحكومي والخاص.

١٨- تقويم وتطوير برامج الوقاية والرعاية والخدمات بما يتناسب مع متطلبات المعوقين من الرعاية والتأهيل والتدريب والترفيه والتوظيف.

١٩- دعم " مركز الأمير سلمان لأبحاث الإعاقة " للإعداد والتنفيذ والمتابعة لبرامج الوقاية والتأهيل والرعاية من خلال تنظيم الندوات التوعوية والتثقيفية، والقيام بدعم وتشجيع البحوث التطبيقية وبحوث الدراسات العليا في مجال الوقاية والرعاية والتأهيل.



مع القــــراء

أعزاءنا القراء:

إننا نقف عاجزين عن إسداء الشكر الجزيل لجميع القراء على تواصلهم المستمر بالمجلة سواء بريداً أو هاتفياً أو إلكترونياً من الداخل أو الخارج، وأمام هذا الحشد الهائل من الرسائل والسيل المنهمر من الإتصال نقف عاجزين عن تحقيق كافة الطلبات أو الرغبات، بسبب نفاد جميع أعداد المجلة حال صدورها رغم طباعتنا لأعداد هائلة منها، وهنا لابد من التنويه لقرائنا الكرام إلى توضيح العنوان واختصاره قدر الإمكان، لكي نضمن وصول المجلة إلى القارىء الكريم.

● **الأخ / صلاح أحمد الشطوبي - مصر**

شكراً لثنائك على المجلة والقائمين عليها، كما نود إحاطتك بأننا لاننشر ما يرسل من مقالات حتى يتم إجازتها من هيئة التحرير.

● **الأخ / علي مصطفاوي - الجزائر**

أهلا بك، وما طلبت ليس من اختصاص المجلة.

● **الأخ / طارق علي حسن حسين - مصر**

أهلا بك قارئاً جديداً للمجلة، والمجلة ليس من اختصاصها ما ذكرت، وموضوع المعادن الذي أرسلت لم يتم إجازة نشره.

● **الأخ / شاهين عباس مصطفى - العراق**

نشكرك جزيل الشكر على الثقة المفرطة في المجلة، والعدد المطلوب من المجلة سيصلك على عنوانك بإذن الله.

● **الأخت / ريمان قيس سعدالله - العراق**

سعدنا برسالتك للمجلة، وما طلبتي خارج إختصاصنا.

● **الأخ / عرابي مصطفى - الجزائر**

شكراً لمواصلتك للمجلة وحرصك الدائم عليها، وماطلبت من أعداد سيصلك إن شاء الله.

● **الأخ / د. عادل نجيب شاكر - الجزائر**

سعدنا بوصول رسالتك والتي تشير فيها إلى مقالتك بعنوان (التلوث بغاز (O_3) القطار النباتي) إلا أنه يؤسفنا أننا لم نستلم تلك الرسالة حيث أننا لانهمل أية مقالة ترد إلينا إلا نشعر القارىء بوصولها وبعد عرضها على هيئة التحرير وإجازتها للنشر نشعره بأنها قبلت للنشر.

● **الأخت / زبيدة طارق فتحي - العراق**

تلقينا رسالتك بكل ترحاب، وما طلبتي ليس من اختصاص المجلة.

● **الأخ / د. بشير محمد الزالق - سوريا**

نشكرك على ما تفضلت به من مقالات وصلت إلى المجلة، ومع شكرنا الجزيل على ثقتك الغالية بمجلتك إلا أنه يؤسفنا عدم تمكننا من نشر مقالكم لعدم ملاءمته لموضوع المجلة.

● **الأخ / بوستة عبدالرحمن - الجزائر**

إننا نقدر كل ما سطرت في رسالتك من ثناء عطر وشكر مفعم بالتقدير، ويؤسفنا كل الأسف أن مـــا طلبت ليس من اختصاصنا.

● **الأخ / علي خضير علي فيروز - العراق**

أهلا بك وبانضمامك إلى المجلة، وستصلك المجلة تباعاً.

● **الأخ / إبراهيم عطفاوي - الجزائر**

سعدنا بوصول رسالتك كما نشكرك على ثنائك الجميل على المجلة والقائمين عليها.

● **الأخ / أحمد الصالح - المجمعة**

شكراً لثنائك العطر على المجلة، وسوف تصلك المجلة على عنوانك.

● **الأخت / عائشة عبدالحليم ديب شجرة**

هذه الرسالة الأولى التي تصلنا منك، ويسعدنا تحقيق طلبك بانضمامك إلى قائمة من تصلهم المجلة.

● **الأخ / فاضل عبدالجبار نجم - العراق**

ونحن إذ نشكر لك ثناءك العطر على المجلة والقائمين عليها، يسعدنا تحقيق طلبك بوصول المجلة لك دورياً.

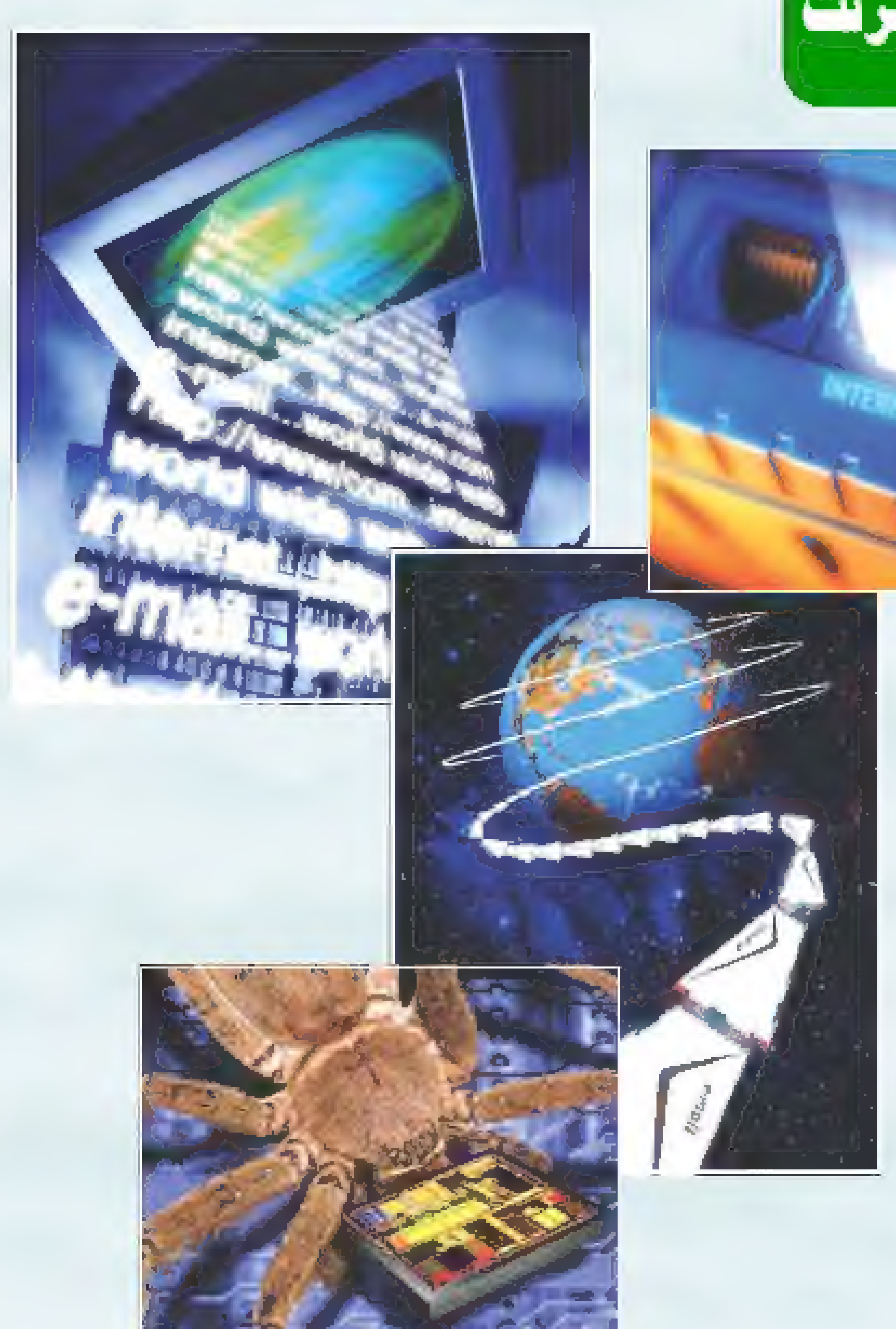
● **الأخ / شاهين مصطفى - العراق**

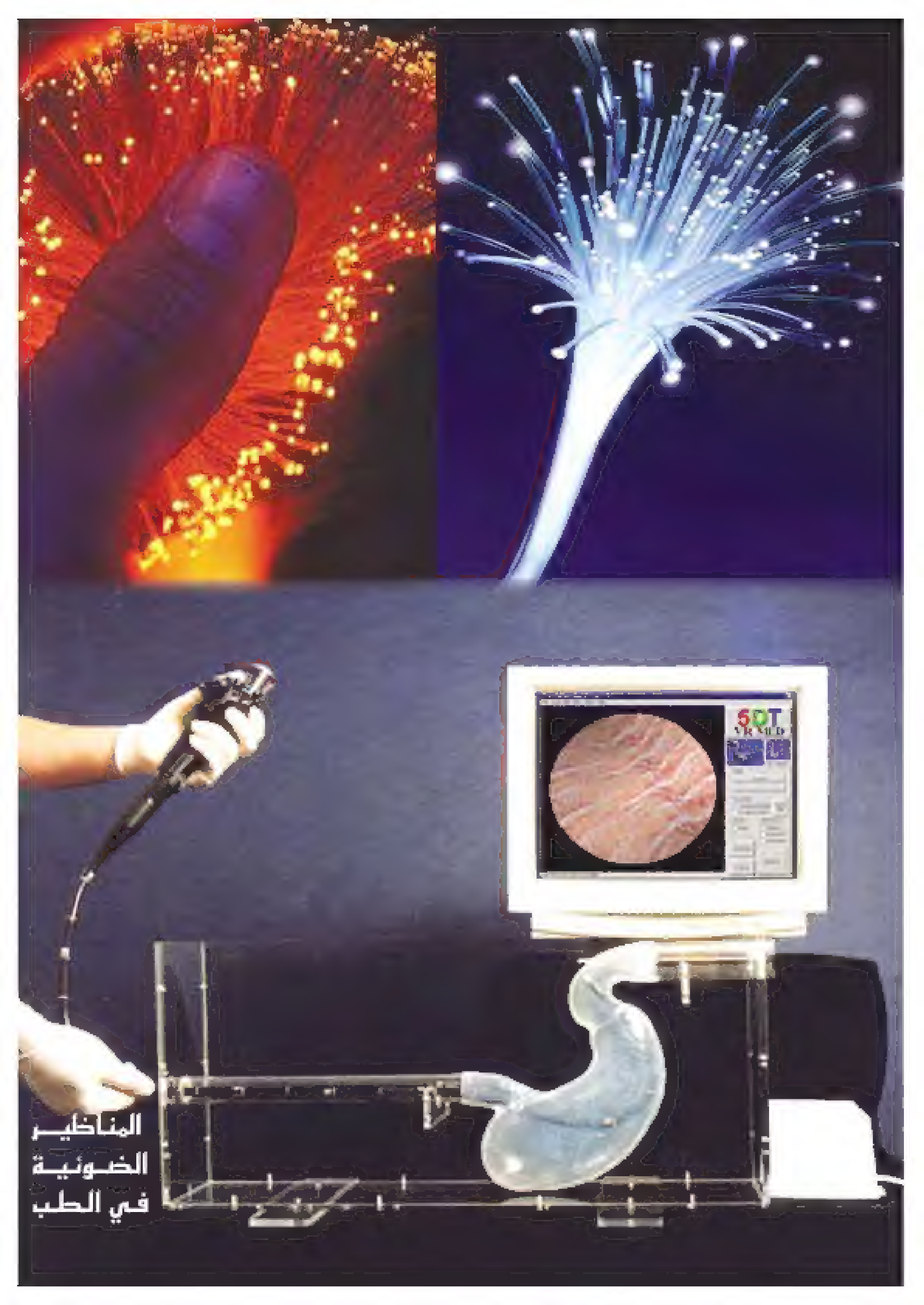
شكراً لك ولرسالتك العزيزة، كما أن المجلة ليس من اختصاصها ما طلبت

في

العدد المقبل

شبكة الإنترنت




المناظير
الضوئية
في الطب